

Aus dem Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und
Epidemiologie der Universität München

Direktor: Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Mansmann

Vergleich verschiedener Komorbiditäts-Scores in Routinedaten der stationären Versorgung

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Stefan Hagn
aus Landshut

2014

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Jürgen Stausberg

Mitberichterstatter: Priv. Doz. Dr. Klaus Adelhard
Prof. Dr. Rolf Holle
Prof. Dr. Konstantin Strauch

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: - - -

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 03.07.2014

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Inhaltsverzeichnis | 3 |
| Abkürzungsverzeichnis | 6 |
| Tabellenverzeichnis | 7 |
| Abbildungsverzeichnis | 8 |
| 1. Einleitung | 9 |
| 1.1 Komorbidität | 9 |
| 1.2 ICD-Systematik und DRG-System | 9 |
| 1.3 Geschichtliche Entwicklung der Komorbiditäts-Scores | 10 |
| 1.4 Zielsetzung und Fragestellungen | 11 |
| 2. Hintergrund | 12 |
| 2.1 Erklärungen der Begriffe | 12 |
| 2.1.1 Morbidität | 12 |
| 2.1.2 Komorbidität | 12 |
| 2.1.3 Multimorbidität | 12 |
| 2.1.4 Krankheitslast | 13 |
| 2.2 Administrative Daten und deren Aussagekraft | 13 |
| 2.2.1 Vergleich mit Studien auf Basis von Krankenakten | 14 |
| 2.2.2 Aktuelle Situation in Deutschland | 14 |
| 2.3 Komorbiditäts-Scores | 15 |
| 2.3.1 Charlson Index | 15 |
| 2.3.2 Elixhauser Comorbidity Measures | 17 |
| 2.3.3 Elixhauser Comorbidity Score | 18 |
| 2.3.4 Updated Charlson Index | 19 |
| 2.3.5 Combined Comorbidity Score | 20 |
| 2.3.6 Strukturmodelle der ICD-10-Systematik | 20 |
| 2.3.7 PCCL | 22 |
| 2.3.8 Zählung der Nebendiagnosen | 23 |
| 2.4 Grundlagen der statistischen Verfahren | 23 |
| 2.4.1 Die Regressionsanalyse und die logistische Regression | 23 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.4.2 | Die ROC-Kurve | 25 |
| 2.4.3 | Vorhersagekraft des logistischen Regressionsmodells | 26 |
| 2.4.4 | Korrelationskoeffizient nach Spearman | 27 |
| 3. | Material und Methoden | 28 |
| 3.1 | Anwendung des Begriffs Komorbidität in der vorliegenden Arbeit | 28 |
| 3.2 | Abbildung der internationalen Scores auf die ICD-10-GM 2010..... | 28 |
| 3.2.1 | Charlson Conditions | 28 |
| 3.2.2 | Elixhauser Comorbidities..... | 29 |
| 3.3 | Entwicklung ganzzahliger Scores aus den Strukturmodellen der ICD-10-Systematik..... | 29 |
| 3.3.1 | Methode zur Berechnung des Punkt-Wertes für jede Variable | 29 |
| 3.3.2 | Anwendung im Strukturmodell ICD-10-Kapitel..... | 30 |
| 3.3.3 | Anwendung im Strukturmodell ICD-10-Gruppen..... | 30 |
| 3.4 | Datengrundlage..... | 30 |
| 3.5 | Berücksichtigung der Hauptdiagnose..... | 31 |
| 3.6 | Festlegungen für die Anwendung der Verfahren..... | 31 |
| 3.6.1 | Allgemeine Festlegungen | 31 |
| 3.6.2 | Charlson Index..... | 32 |
| 3.6.3 | Elixhauser Comorbidity Score..... | 32 |
| 3.6.4 | Updated Charlson Index | 32 |
| 3.6.5 | Combined Comorbidity Score | 32 |
| 3.6.6 | Zählung der Nebendiagnosen | 32 |
| 3.6.7 | PCCL..... | 33 |
| 3.6.8 | Strukturmodelle der ICD-10-Systematik | 33 |
| 3.6.9 | Scores der ICD-10-Systematik | 33 |
| 3.7 | Übersicht der Verfahren..... | 34 |
| 3.8 | Festlegungen für die statistischen Berechnungen | 35 |
| 3.9 | Software | 35 |
| 4. | Ergebnisse | 36 |
| 4.1 | Studienpopulation..... | 36 |
| 4.2 | Komorbiditäts-Scores | 36 |
| 4.2.1 | Charlson Index..... | 36 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.2.2 | Elixhauser Comorbidity Score..... | 38 |
| 4.2.3 | Updated Charlson Index..... | 38 |
| 4.2.4 | Combined Comorbidity Score | 42 |
| 4.2.5 | Zählung der Nebendiagnosen | 42 |
| 4.2.6 | PCCL..... | 42 |
| 4.2.7 | Strukturmodell ICD-10-Kapitel | 44 |
| 4.2.8 | Strukturmodell ICD-10-Gruppen | 44 |
| 4.2.9 | Score ICD-10-Kapitel..... | 46 |
| 4.2.10 | Score ICD-10-Gruppen..... | 46 |
| 4.3 | Korrelationen..... | 49 |
| 4.4 | ROC-Kurven ausgewählter Verfahren | 52 |
| 5. | Diskussion..... | 53 |
| 5.1 | Kernaussage | 53 |
| 5.2 | Allgemeine Betrachtungen..... | 53 |
| 5.3 | Vergleich der berechneten Ergebnisse | 55 |
| 5.4 | Limitationen und Ausblick..... | 61 |
| 6. | Zusammenfassung..... | 63 |
| 7. | Literaturverzeichnis..... | 64 |
| 8. | Anhang | 68 |
| | Danksagung | 90 |
| | Eidesstattliche Versicherung | 91 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------|--|
| AUC | <i>area under curve</i> , Fläche unter der Kurve |
| CC | <i>Comorbidity and/or Complication</i> , Komorbidität und/oder Komplikation |
| CCL | <i>Comorbidity and/or Complication-Level</i> , Komplikations- und Komorbiditätslevel |
| DIMDI | Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information |
| exp | Exponentialfunktion |
| DRG | <i>Diagnosis Related Groups</i> , diagnosebezogene Fallgruppen |
| EDV | Elektronische Datenverarbeitung |
| G-DRG | <i>German DRG</i> , deutsche DRG |
| HD | Hauptdiagnose |
| IBM | <i>International Business Machines Corporation</i> |
| ICD-10 | <i>International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems</i> , Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Ausgabe |
| ICD-10-CA | <i>Canadian Version</i> , kanadische Anpassung der ICD-10 |
| ICD-10-GM | <i>German Modification</i> , deutsche Anpassung der ICD-10 |
| ICD-10-WHO | Internationale Version der ICD-10 der WHO |
| ILCD | <i>International List of Causes of Death</i> , Todesursachen-Verzeichnis |
| InEK | Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus |
| Khs | Krankenhaus |
| KI | Konfidenz-Intervall |
| log | Logarithmus |
| MDC | <i>Major Diagnostic Categories</i> , Hauptdiagnosegruppen |
| n | Anzahl |
| ND | Nebendiagnose |
| PCCL | <i>Patient Clinical Complexity Level</i> , patientenbezogener Gesamtschweregrad |
| ROC-Kurve | <i>Receiver Operating Characteristic</i> -Kurve |
| SPSS | <i>Superior Performing Software System</i> |
| StAbw | Standardabweichung |
| WHO | <i>World Health Organisation</i> , Weltgesundheitsorganisation |

Die *kursive Schreibweise* wird zur Hervorhebung einzelner Wörter und für feststehende oder fremdsprachliche Begriffe verwendet.

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Korrelationen zwischen Verfahren ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnose..... | 50 |
| Tabelle 2: Korrelationen zwischen Verfahren mit Berücksichtigung der Hauptdiagnose..... | 51 |
| Tabelle 3: Korrelation zwischen Bewertungen mit und ohne Hauptdiagnose..... | 51 |
| Tabelle 4: Anzahl und Anteil der bewerteten Diagnosen und Kriterien | 56 |
| Tabelle 5: Anzahl und Anteil der Score-Werte ungleich Null | 57 |
| Tabelle 6: Zusammenstellung der AUC-Werte aller Verfahren..... | 59 |
| Tabelle 7: AUC-Werte und Einschränkungen der Analysen in der Literatur (Auszug) | 60 |
| Tabelle 8: Regressionskoeffizienten im Strukturmodell ICD-10-Kapitel | 68 |
| Tabelle 9: Regressionskoeffizienten im Strukturmodell ICD-10-Gruppen | 68 |
| Tabelle 10: Anzahl der gewerteten Charlson Conditions | 70 |
| Tabelle 11: Verteilung der Werte des Charlson Index | 71 |
| Tabelle 12: Anzahl der gewerteten Elixhauser Comorbidities | 72 |
| Tabelle 13: Verteilung der Werte des Elixhauser Comorbidity Score | 73 |
| Tabelle 14: Anzahl der gewerteten Updated Charlson Conditions..... | 75 |
| Tabelle 15: Verteilung der Werte des Updated Charlson Index | 76 |
| Tabelle 16: Anzahl der gewerteten Comorbidities des Combined Comorbidity Score..... | 77 |
| Tabelle 17: Verteilung der Werte des Combined Comorbidity Score | 78 |
| Tabelle 18: Verteilung der Anzahl der Nebendiagnosen..... | 79 |
| Tabelle 19: Benennungen der relevanten ICD-10-Kapitel..... | 80 |
| Tabelle 20: Anzahl der gewerteten Diagnosen nach ICD-10-Kapiteln | 80 |
| Tabelle 21: Anzahl der gewerteten Diagnosen nach ICD-10-Gruppen | 81 |
| Tabelle 22: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Kapitel | 82 |
| Tabelle 23: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Gruppen | 83 |
| Tabelle 24: AUC-Werte in der Literatur (erweiterte Übersicht)..... | 86 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Einordnung der Komorbidität nach Valderas et. al..... | 13 |
| Abbildung 2: Conditions des Charlson Index..... | 16 |
| Abbildung 3: Beispiel für Elixhauser Comorbidities und ihrer ICD-9-Kodes..... | 18 |
| Abbildung 4: Darstellung beispielhafter ROC-Kurven | 26 |
| Abbildung 5: Verteilung der Charlson Conditions | 37 |
| Abbildung 6: Verteilung der Werte des Charlson Index..... | 37 |
| Abbildung 7: Verteilung der gewerteten Elixhauser Comorbidities | 39 |
| Abbildung 8: Verteilung der Werte des Elixhauser Comorbidity Score | 39 |
| Abbildung 9: Verteilung der Conditions im Charlson Index und im Updated Charlson Index | 40 |
| Abbildung 10: Verteilung der Werte des Updated Charlson Index..... | 40 |
| Abbildung 11: Verteilung der Comorbidities des Combined Comorbidity Score..... | 41 |
| Abbildung 12: Verteilung der Werte des Combined Comorbidity Score | 41 |
| Abbildung 13: Verteilung der Anzahl der Nebendiagnosen..... | 43 |
| Abbildung 14: Verteilung der PCCL-Werte | 43 |
| Abbildung 15: Verteilung Diagnosen auf die relevanten ICD-10-Kapitel | 45 |
| Abbildung 16: Verteilung der Diagnosen auf die relevanten ICD-Gruppen | 45 |
| Abbildung 17: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Kapitel ohne HD | 47 |
| Abbildung 18: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Kapitel mit HD | 47 |
| Abbildung 19: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Gruppen ohne HD | 48 |
| Abbildung 20: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Gruppen mit HD | 48 |
| Abbildung 21: ROC-Kurven ausgewählter Verfahren..... | 52 |
| Abbildung 22: Darstellung gewerteter Diagnosen der Verfahren | 55 |
| Abbildung 23: Darstellung der Score-Werte ungleich Null | 57 |

1. Einleitung

1.1 Komorbidität

Die Komorbidität stellt die Schwere der Begleiterkrankungen dar und ist als Einflussgröße auf verschiedene Bereiche von erheblicher Bedeutung. So moduliert sie etwa die Mortalität, die Komplikationen, die Dauer der Behandlung oder die Ergebnisse patientenbezogener oder epidemiologischer Studien. Sowohl organisatorische Überlegungen wie zur Bedarfsplanung der Gesundheitsversorgung als auch ökonomische Evaluationen werden durch die Komorbidität einer Population verändert [Valderas et al. 2009]. Für alle diese Bereiche ist eine Quantifizierung der Komorbidität von großem Interesse, um die daraus resultierenden Verzerrungen erkennen und bewerten und den Auswirkungen begegnen zu können.

Die Ermittlung der Komorbidität ist in verschiedenen Ansätzen möglich. Am aufwändigsten sind persönliche Anamneseerhebung und Untersuchung, aber auch Methoden zur Selbsteinschätzung anhand strukturierter Fragebögen [Streibelt et al. 2012]. Bei der Forschung an größeren Gruppen sind die Anwendungsmöglichkeiten dieser Methoden durch die zur Verfügung stehenden Ressourcen limitiert. Eine Vereinfachung ist durch die reine Auswertung von Krankenakten mit allen darin enthaltenen Parametern möglich, wobei jedoch eine Unschärfe entsprechend der Qualität der Dokumentation in Kauf genommen wird. Auch hier ist eine Begrenzung durch die Ressourcen in der Aktenauswertung zu berücksichtigen. Eine weitere Erhebungsmethode ist die Auswertung von Abrechnungsdaten, was in verschiedenen Bereichen möglich ist. Als Quellen können beispielsweise Daten der Krankenversicherungen, der Berufsgenossenschaften, von niedergelassenen Ärzten oder auch Daten der stationären Versorgung von Krankenhäusern herangezogen werden. Zur Bewertung aus diesen Datenbeständen sind verschiedene Instrumente etabliert worden, um durch Selektion oder Gewichtung der Relevanz der einzelnen Diagnosen Rechnung zu tragen. Zur Dokumentation der Diagnosen wird international standardisiert die *Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme*, kurz ICD, angewendet.

1.2 ICD-Systematik und DRG-System

Von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wird die *Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme* ICD herausgegeben. Die Wurzeln dieser Systematik reichen bis Mitte des 19. Jahrhunderts: 1853 wurde auf dem Ersten Internationalen Statistischen Kongress in Brüssel bei dringendem Wunsch nach einer einheitlichen Nomenklatur der Todesursachen hierfür die Erarbeitung beauftragt. Zwei Jahre später wird ein erstes Verzeichnis nach Vorarbeiten von Farr (London) und d'Espine (Paris) beschlossen. Nach Weiterentwicklungen und Umstrukturierungen entsteht unter Leitung von Bertillon (Paris) 1893 die ILCD, die *International List of Causes of Death*, welche fortan verwendet wird. Zwischen den Weltkriegen beginnen Arbeiten zur Ausdehnung auch auf die Morbiditätsverschlüsselung. Auf der 6. Revisions-Konferenz der ILCD im Jahr 1948 mündet das in die Einführung der ICD. Die erste Version wird entsprechend der

vorausgegangenen ICD-Revisionen dann *ICD-6* genannt. In der Deutschen Demokratischen Republik wird ab 1979, in der Bundesrepublik Deutschland ab 1986 die Morbiditätsverschlüsselung mit der ICD-9 eingeführt. Seit 1998 kommt die ICD-10 in Deutschland zur Anwendung. Während es sich bis zur ICD-9 um eine rein numerische Kodierung handelte, wird mit der ICD-10 zu einer alphanummerischen Systematik übergegangen. Die erste Stelle ist ein Buchstabe, dann folgen zwei bis vier Zahlen, abhängig von der möglichen Feingliederung. Es sei angemerkt, dass die ICD Codes enthält, die bereits in drei-stelliger Form vollständig sind, wie z.B. *E54 Ascorbinsäuremangel*, aber auch fünf Stellen erforderlich sein können, z.B. *S14.11 Komplette Querschnittverletzung des zervikalen Rückenmarkes*.

Wegen des Fortschritts der Medizin erfolgen kontinuierliche Anpassungen, so dass jährliche Aktualisierungen der WHO einfließen, aber auch nationale Anpassungen werden vorgenommen. In Deutschland stellt das DIMDI, das Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information in Köln, eine dem Bundesgesundheitsministerium untergeordnete Behörde, die jeweils gültige Fassung als *GM, German Modification*, zur Verfügung [DIMDI 2013a].

Die Abrechnung der Leistungen im Krankenhaus erfolgte früher neben dem Erlös für erbrachte Leistungen wie Operationen hauptsächlich nach Tages-Pflegesätzen, so dass der systematischen und umfassenden Dokumentation von Nebendiagnosen in administrativen Daten ein geringerer Stellenwert zukam. In Deutschland ist seit 2003 das DRG-System (DRG = *diagnosis related groups*) eingeführt, mit dem jeder Behandlungsfall einer Gruppe zugeordnet wird. Jede Gruppe soll Fälle vergleichbarer Erkrankungsschwere und dadurch auch mit vergleichbarem Ressourcenverbrauch umfassen. Der Erlös wird dann als Pauschale in Höhe eines Durchschnittswerts zuerkannt. Dazu müssen die Haupt- und Nebendiagnosen nach der *Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme*, der ICD-10 erfasst werden. Die Gruppierung wird unter Berücksichtigung der Haupt- und Nebendiagnosen und der erbrachten Operationen in einem aufwändigen Algorithmus vom *Groupier*, einer zertifizierten Software, durchgeführt. Die Differenzierung der Komplexität erfolgt insbesondere durch Berücksichtigung der Begleiterkrankungen, so dass der zuverlässigen Erfassung eine hohe Bedeutung zukommt.

1.3 Geschichtliche Entwicklung der Komorbiditäts-Scores

Mit Instrumenten auf Basis der Diagnosedokumentation allein ist der Weg hin zur Untersuchung größerer Kollektive vorgezeichnet worden. Ein weit verbreitetes, häufig angewendetes und gut evaluiertes Verfahren ist der 1987 publizierte *Charlson Comorbidity Index* [Charlson et al. 1987; Schneeweiss et al. 2000; Needham et al. 2005; Sharabiani et al. 2012]. Zu seiner Entwicklung und Anwendung wurden Diagnosen noch aus einzelnen Krankenakten heraus erarbeitet. Ähnlich prominent ist die Methodik nach Elixhauser et al., die sogenannten *Elixhauser Comorbidities*, die im Jahr 1998 vorgestellt wurden [Elixhauser et al. 1998]. Diese Arbeit ist durch Analyse von Routinedaten der stationären Versorgung entstanden und liefert als Instrument eine Liste von Diagnosen auf Basis der ICD-Verschlüsselung. In beiden Verfahren sind Diagnosegruppen identifiziert, die für die Schwere der Komorbidität von Bedeutung sind. Im Verlauf wurden Weiterentwicklungen der Instrumente nach Charlson und Elixhauser vorgenommen; so wurden für den Charlson Index

Abbildungen auf die ICD-9 und für beide Verfahren auch Abbildungen auf die ICD-10 erarbeitet [Quan et al. 2005]. Auch wurde aus den Elixhauser Comorbidities ein Score abgeleitet: der *Elixhauser Comorbidity Score* [Walraven et al. 2009]. Eine Aktualisierung im Charlson Index auf Basis jüngerer Daten [Quan et al. 2011] und auch eine Kombination beider Verfahren [Gagne et al. 2011] wurden vorgestellt. Die Überarbeitungen der Diagnoselisten führten zu veränderten Gewichtungen, aber auch zu Kürzungen. Andere Ansätze legen nur die Anzahl der erfassten und dokumentierten Nebendiagnosen oder ein vom DRG-Grouper zur Verfügung gestelltes Schweregradmaß zu Grunde.

Als Zielgröße zur Bewertung der Komorbidität sind verschiedene Parameter angewendet worden. Beim *Charlson Comorbidity Index* wurde das Versterben innerhalb eines Jahres betrachtet. Die *Elixhauser Comorbidities* wurden in Bezug auf Krankenhausverweildauer, Krankheitskosten und Mortalität ermittelt; zur Überführung in den Score nach van Walraven diente wieder die Krankenhaussterblichkeit als Kriterium.

Zuletzt wurde von Stausberg et al. ein Modell zur Bemessung der Komorbidität entwickelt. Dieses ist nicht auf die Abfrage bestimmter Diagnose-Gruppen begrenzt, vielmehr bilden der ICD-Katalog und statistisch ermittelte Gewichtungen die Grundlage, und zwar ebenfalls mit Blick auf das Versterben im Krankenhaus als Zielgröße. In der einen Variante wird im Raster der Kapitel, in der zweiten auf Ebene der Gruppen ausgewertet [Stausberg 2011a]. Diese Strukturmodelle der ICD-10-Gruppen und -Kapitel zeigen in einer ersten Evaluation gegenüber den etablierten Instrumenten eine höhere Vorhersagegüte.

1.4 Zielsetzung und Fragestellungen

In der vorliegenden Arbeit soll an Routinedaten der stationären Versorgung in Deutschland

- (1) die Anwendbarkeit etablierter Komorbiditäts-Scores durch Vergleich mit den internationalen Ergebnissen geprüft werden,
- (2) die Anwendbarkeit der zuletzt vorgestellten Strukturmodelle der ICD-10-Systematik evaluiert werden und
- (3) die Entwicklung und Erprobung ganzzahliger Scores aus den Strukturmodellen vorgenommen werden.

Als Untersuchungsgrundlage dienen Abrechnungsdaten deutscher Krankenhäuser aus dem Jahr 2010.

2. Hintergrund

2.1 Erklärungen der Begriffe

2.1.1 Morbidität

Als Begriff der Epidemiologie beschreibt *Morbidität* die Häufigkeit einer Erkrankung in einer Population, so dass es sich um einen bevölkerungsbezogenen Begriff im Kontext *einer* Zielerkrankung handelt [Pschyrembel 2007; Busse 2004]. Wegen Unschärfe und umgangssprachlicher Verwischung werden hier die sicher definierten Begriffe *Prävalenz* (Krankenstand zu bestimmtem Zeitpunkt) und *Inzidenz* (Neuerkrankungsrate) jedoch präferiert [Habermehl 1986; duden-online 2013]. Verwendung findet der Begriff, wohl in Anlehnung an sein Adjektiv, auch für die Erkrankungsschwere einer einzelnen Person, ungeachtet ob durch ein Leiden oder durch das Zusammenwirken mehrerer Leiden begründet. Hierdurch entstehen auch Überschneidungen zum Begriff der *Multimorbidität* eines Individuums.

2.1.2 Komorbidität

Die Einführung des Begriffs wird auf die Arbeit von Feinstein et al. 1970 zurückgeführt. In dieser weit verbreiteten und frühen Definition wird die führende Erkrankung *Index-Erkrankung* oder *Hauptdiagnose* genannt, die Begleiterkrankungen werden durch die Begriffe *Nebendiagnosen* oder *Komorbidität* beschrieben [Feinstein 1970; deGroot et al. 2003]. Diese Auslegung des Begriffs impliziert nur Begleiterkrankungen ohne Berücksichtigung der Indexerkrankung. Trotzdem sind Ungenauigkeiten in der sprachlichen Verwendung festzustellen. Ein weiter gefasstes Verständnis für Komorbidität als Summe der Leiden ohne Festlegung einer Hauptdiagnose ist auch zu beobachten [Valderas et al. 2009; Valderas et al. 2011], hier ist in der Anwendung ein fließender Übergang zu *Multimorbidität* (siehe unten) festzustellen [Diederichs et al. 2011]. Teilweise wird der Plural *Komorbiditäten* zur Verdeutlichung einer Vielzahl angewendet.

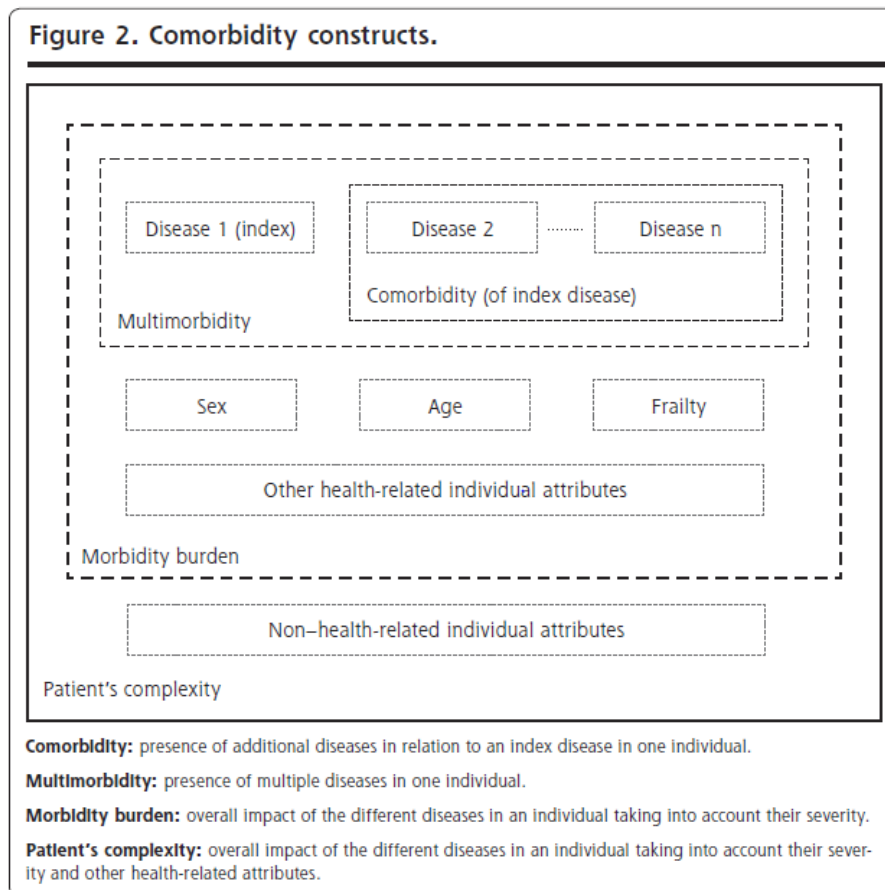
Eine Differenzierung der Komorbidität kann im Zusammenhang eines stationären Aufenthalts noch weiter verfeinert werden. Einerseits handelt es sich dabei um Begleiterkrankungen, akut oder chronisch, die bei der Aufnahme bereits vorliegen. Andererseits fallen die während des Aufenthalts neu hinzugetretenen Leiden und auch die Komplikationen unter diesen Begriff. In verschiedenen Arbeiten werden Unterscheidungen auf dieser zeitlichen Ebene vorgenommen.

2.1.3 Multimorbidität

Das Zusammenwirken verschiedener Erkrankungen, ohne dass eine davon als führend betrachtet wird, wurde als *Multimorbidität* bezeichnet [Feinstein 1970], es kann inzwischen als *moderne Alternative zu ‚Komorbidität‘* [Valderas et al. 2011] verstanden werden. Im Zusammenhang mit dem demographischen Wandel hin zu einer älter werdenden Bevölkerung kommt dieser Gesamtschau zunehmend mehr Bedeutung zu [Diederichs et al. 2011].

2.1.4 Krankheitslast

Die vom Patienten subjektiv erlebte *Krankheitslast* (engl. *morbidity burden*) ist von weiteren individuellen Faktoren wie Geschlecht, Alter und Konstitution abhängig. Die Beziehungen der bisher umrissenen Begriffe sollen durch die grafische Darstellung aus der Arbeit von Valderas et al. verdeutlicht werden (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1: Einordnung der Komorbidität nach Valderas et. al
(aus Valderas et al. 2009)**

2.2 Administrative Daten und deren Aussagekraft

Administrative Daten sind die Informationen, die zur Abrechnung vom Krankenhaus erfasst und weitergegeben werden. Sie werden wegen der standardisierten Dokumentation auch als Routinedaten bezeichnet und umfassen verschiedene Bereiche:

- *Identifikationsdaten* (oder: *Stammdaten*) wie Name, Geburtsdatum, Krankenkassennummer, u. ä.,
- *Bewegungsdaten*, die Aufnahme, Entlassung und Aufenthalte in verschiedenen Abteilungen darstellen,
- *medizinische Daten* wie Diagnosen und Prozeduren (Operation, Eingriff), die als standardisierte Codes gespeichert werden.

Die hier verarbeiteten medizinischen Daten unterscheiden sich von den detaillierteren Informationen, wie sie beispielsweise in der Patientenakte dokumentiert sind. Für administrative Daten wird häufig die Frage nach Vollständigkeit der medizinischen Information und so auch nach der Aussagekraft gestellt. Jeder Arzt ist zuerst auf die Diagnosen seines Fachgebietes, insbesondere die Hauptdiagnose fokussiert. Seine Behandlung wird aber durch die Begleiterkrankungen maßgeblich beeinflusst und limitiert; je schwerwiegender diese zu Tage treten, desto mehr.

2.2.1 Vergleich mit Studien auf Basis von Krankenakten

Als *Goldstandard* der Datenerhebung wurde die Auswertung von Krankenakten betrachtet, so dass diese auch zum Maßstab erhoben worden war [Romano et al. 1994]. Dementsprechend sind mit Etablierung der Routinedaten Gegenüberstellungen in verschiedene Arbeiten thematisiert. Humphries et al. können an 817 Patienten mit invasiven Koronar-Interventionen zeigen, dass die Übereinstimmung für die meisten der betrachteten 9 *Conditions* gut bis sehr gut ist [Humphries et al. 2000]. Anzumerken ist, dass es sich bei den *Conditions* nur um Erkrankungen des eigenen Fachgebiets handelt. Mit einem breiteren Blickwinkel arbeiten Quan et al.: Der weit verbreitete *Charlson Index* mit 17 *Comorbidities* wird an 1200 zufällig ausgewählten Behandlungsfällen als Grundlage herangezogen. Es zeigt sich generell eine gute Übereinstimmung zwischen Aktenauswertung und Routinedaten, für vier *Conditions* wird eine ähnliche Prävalenz, für drei sogar eine höhere Prävalenz in den administrativen Daten beobachtet [Quan et al. 2002]. In beiden Arbeiten wird tendenziell eine Untererfassung in den administrativen Daten beschrieben, insbesondere für asymptomatische Krankheiten. An einem noch größeren Patientengut (n= 14.980) wird von Wilchesky et al. ebenfalls der Charlson-Index aus Akten und Routinedaten gegenübergestellt [Wilchesky et al. 2004]. Wieder zeigt sich eine gute Übereinstimmung, bei 44% wurde im Charlson-Index der gleiche Wert errechnet, bei ca. 70% beträgt der Unterschied höchstens einen Punkt. Es werden auch Untersuchungen unter abstrakter Betrachtung vorgenommen, so wird etwa die Aussagekraft zur Krankenhaussterblichkeit aus den unterschiedlichen Quellen untersucht. Dabei sind die ermittelten Risiken aus Aktenlage und administrativen Daten identisch [Aylin et al. 2007]. Zur Beurteilung der Übereinstimmung zwischen der Erfassungsqualität aus Krankenakten und aus administrativen Daten untersuchen 2008 Quan et al. Nebendiagnosen (*clinical conditions*) aus den Charlson und Elixhauser-Listen an 4.008 zufällig ausgewählten Behandlungsfällen kanadischer Krankenhäuser. Die Ergebnisse zeigen eine mäßige (*moderate*) bis fast perfekte (*almost-perfect*) Übereinstimmung (kappa-Werte von 0,52 bis 0,83) sowohl für die ICD-9-, als auch die ICD-10-Anwendung [Quan et al. 2008]. Trotz aller Forschung ist die Frage nach der Validität der Routinedaten nicht einhellig beantwortet, auch weiterhin werden Zweifel hieran formuliert [Leal et al. 2010].

2.2.2 Aktuelle Situation in Deutschland

Mit Einführung des DRG-Systems in Deutschland zur Abrechnung der stationären Behandlungen somatischer Erkrankungen im Jahr 2003 ist der Erfassung der *relevanten* Nebendiagnosen eine hohe Bedeutung zugekommen. Hier gelten Nebendiagnosen (Komorbidität und Komplikation) als *relevant*, wenn sie diagnostische oder therapeutische Maßnahmen erfordern oder ein erhöhter Pflege-

und/oder Überwachungsaufwand resultiert [Statistisches Bundesamt 2013]. Die Einordnung eines Krankenhausfalls in eine Diagnose-bezogene Gruppe (*DRG*) ist maßgeblich von der Gesamtschwere der Erkrankungen, also auch den Nebendiagnosen abhängig. Gerade durch den ökonomischen Druck wird hier die umfassende Dokumentation forciert, die vielerorts zum Einsatz speziell geschulter Kodierassistenten geführt hat. Von diesen werden Behandlungsakten zur sicheren Erfassung relevanter Komorbiditäten einem Re-View unterzogen. In der Anfangsphase des neuen Abrechnungssystems wurden die Strukturen und Prozesse von den Kliniken verbessert, dass nach dieser Optimierung von einer regelrechten und vollständigen Kodierung auszugehen ist [Stausberg 2007]. In Analogie dazu konnte auch eine Verbesserung der Verschlüsselungsqualität in den ersten fünf Jahren ab Einführung der ICD in der Version 10 (ICD-10) in der Schweiz gezeigt werden [Januel et al. 2011]. Es kann von einer ansteigenden Lernkurve gesprochen werden.

Die Forschung mit medizinischen Routinedaten ist inzwischen als eigenständiger Bereich neben der Aktenauswertung zu betrachten. Sie ermöglicht die Bearbeitung von Fragestellungen unter anderen Gesichtspunkten und steht der Einzelfallbetrachtung nicht in Konkurrenz gegenüber.

2.3 Komorbiditäts-Scores

2.3.1 Charlson Index

Der *Charlson Index* (*Charlson Comorbidity Index, CCI*) wurde 1987 vorgestellt. Nach Etablierung des Begriffs *Komorbidität* [Feinstein 1970], war bereits ein Index von Kaplan und Feinstein vorgestellt worden [Kaplan et al. 1974]. Jedoch konnte sich erst der Charlson Index als standardisiertes Verfahren weit verbreitet durchsetzen. Vielfach erwies er sich in administrativen Daten als ein zuverlässiges Instrument, ebenso auch das im Folgenden vorgestellte Elixhauser-Verfahren (s. u.) [Sarfati 2012; Sharabiani et al. 2012; Chu et al. 2010, Schneeweiss et al. 2004].

Weil in Studien zur Therapieeffizienz häufig Begleiterkrankungen ein Ausschlusskriterium darstellen, wollen Charlson et al. ein Verfahren zur Verfügung stellen, um diese Einflussgröße messen und berücksichtigen zu können [Charlson et al. 1987]. So soll beispielsweise durch Bildung von Kohorten mit vergleichbaren Schweregraden der Komorbidität oder durch Ausschluss ab einem definierten Schwellenwert die Untersuchung größerer Patientenzahlen ermöglicht werden. Insbesondere bei höherem Alter stellt die zunehmende Multimorbidität einen relevanten Störfaktor dar.

Aus den Krankenunterlagen von 604 Patienten, die innerhalb eines Monats (1984) in New York behandelt wurden, ermittelten die Forscher die Begleiterkrankungen (*comorbid diseases*), teilweise auch mit einer Abstufung nach Schweregraden. Die Probanden werden ein Jahr nachverfolgt, was für 559 Fälle gelingt. Betrachtet wird der Eintritt des Versterbens, das durch Zählung der überlebten Monate seit Krankenhausaufnahme quantifiziert wird. Das Versterben während des stationären Aufenthalts ist auf diese Weise mit berücksichtigt. So wird für jede Begleiterkrankung ein relatives Risiko des Versterbens ermittelt. Unter einem definierten Schwellenwert ($RR=1,2$) wird die Krankheit nicht bewertet, bei höherem relativem Risiko werden die Erkrankungen entsprechend der Werte gruppiert und mit einer Gewichtung versehen. So können aus den 30 betrachteten *comorbid diseases* 19 als relevant identifiziert werden, die dann als *comorbid conditions* in den Index eingingen. Aus den

Gewichten von 1, 2, 3 oder 6 wird durch Summierung der Index berechnet. Die theoretisch maximal mögliche Summe beträgt 37, jedoch schließen sich verschiedene Schweregrade (*mild liver disease* vs. *moderate or severe liver disease*; *any tumor* vs. *metastatic solid tumor*) teilweise gegenseitig aus, so dass dieser Wert in der Realität wohl nicht erreicht werden kann. Die Übersicht der 19 *Conditions* ist in Abbildung 2 vorgestellt.

Die Überprüfung der Vorhersagekraft erfolgt in einer retrospektiv durchgeführten 10-Jahre-Beobachtung an einer zweiten Kohorte von 685 Patientinnen mit der Hauptdiagnose eines primären Brustkrebses. Zur Erhöhung des Index um einen Zähler kann eine Steigerung des relativen Mortalitätsrisikos um 2,3 berechnet werden. Zusätzlich zeigt sich in der langen Nachbeobachtung ein relevanter Einfluss des Alters auf die Mortalität. Jede Lebensdekade erhöht das relative Risiko um 2,4, also annähernd gleich einer Index-Steigerung um 1 Punkt. Deshalb wird eine Anpassung über dem 40. Lebensjahr durch Hinzuzählen eines Punktes (ab 50 Jahre +1 Punkt, ab 60 Jahre +2 Punkte usw.) je angefangener Lebensdekade für Studien mit langen Nachbeobachtungszeiten vorgeschlagen.

Table 3. Weighted index of comorbidity

| Assigned weights for diseases | Conditions |
|-------------------------------|---|
| 1 | Myocardial infarct Congestive heart failure Peripheral vascular disease Cerebrovascular disease Dementia Chronic pulmonary disease Connective tissue disease Ulcer disease Mild liver disease Diabetes |
| 2 | Hemiplegia Moderate or severe renal disease Diabetes with end organ damage Any tumor Leukemia Lymphoma |
| 3 | Moderate or severe liver disease |
| 6 | Metastatic solid tumor AIDS |

Assigned weights for each condition that a patient has. The total equals the score. Example: chronic pulmonary (1) and lymphoma (2) = total score (3).

**Abbildung 2: Conditions des Charlson Index
(aus Charlson et al. 1987)**

Der wachsende Einsatz der EDV im Gesundheitswesen unter Anwendung der Internationalen Klassifikation der Krankheiten (ICD) ermöglicht zunehmend Analysen auf dieser Basis. Während die Arbeit von Charlson et al. die Auswertung von Krankenakten zu Grunde gelegt hat, entsteht somit Interesse zur Adaptation an die ICD. Durch Deyo et al. erfolgt eine Abbildung der *conditions* in die ICD-9-Systematik [Deyo et al. 1992]. Es ist anzumerken, dass wegen der allgemein gehaltenen Formulierung, beispielsweise *any tumor* meist größere Bereiche der ICD oder zumindest mehrere Codes eine *condition* umfassen. Die Überprüfung wird an Daten von Patienten mit Operation an der Lendenwirbelsäule (n=27.111) vorgenommen. Für sechs Zielgrößen (*short term outcomes*) können signifikante Assoziationen zum Index gezeigt werden, darunter auch für Mortalität bis 6 Wochen nach Entlassung. Während in der Originalversion von Charlson mit 19 Komorbiditäten gearbeitet wird, erfolgte hier eine Zusammenfassung: Die *Conditions any tumor* (jeglicher Tumor), *leukemia*

(Leukämie) und *lymphoma* (Lymphom), jeweils mit 2 Punkten gewichtet, werden unter *any malignancy, including leukemia and lymphoma* (jegliches Malignom, einschließlich Leukämie und Lymphom) zusammengefasst. Die ursprünglich vorgetragene Addition der Punkte für höheres Lebensalter findet keine Anwendung mehr. Der von Deyo et al. modifizierte Index mit einer nun 17 Diagnosen umfassenden Liste einschließlich der ICD-Kodierung findet breite Anwendung. Er zählt neben der *Dartmouth-Manitoba Modifikation* [Romano et al. 1993a], welche ebenfalls in die ICD-9 übertrug und ebenfalls die Zusammenfassung der Tumordiagnosen anwendete, zu der populärsten Version [Needham et al. 2005; deGroot et al. 2003; Sharabiani et al. 2012]. Durch Vergleiche ist die Übereinstimmung beider Methoden [Ghali et al. 1996] mit nur geringen Unterschieden [Romano et al. 1993b] bestätigt.

In der Schweiz werden im Rahmen einer Studie zu einem anderen Thema die *Charlson Conditions* bereits 2002 in der ICD-10 abgebildet. Dieses Vorgehen nach klinischer Entscheidung wird keiner Validierung unterzogen [Halfon et al. 2002].

In Australien wurde 2004 die Version von Deyo wegen ihrer weiteren Verbreitung mit Computerunterstützung und „manueller“ Überprüfung in die ICD-10-Systematik übertragen. Um die internationale Anwendbarkeit zu gewährleisten, was ein Ziel der Arbeit ist, wird möglichst nur bis auf drei numerische Stellen spezifiziert, weil die ländertypischen Anpassungen erst in der 4. Stelle zum Tragen kommen. Die Überprüfung im ersten Jahr der ICD-10 Anwendung in Australien (n=405.794) für das Zielereignis Versterben-im-Krankenhaus zeigt eine AUC von 0,85 bei Berücksichtigung aller Diagnosen und von 0,80 bei Berechnung ohne Hauptdiagnose. Als Vergleich dient das letzte Jahr der ICD-9, es bestätigen sich fast identische Werte mit 0,86 bzw. 0,80 [Sundararajan et al. 2004].

Wegen diverser Abweichungen zwischen den beiden Arbeiten wurde 2005 in Kanada unter Zusammenarbeit mit den beiden anderen Forschungsgruppen eine neue Abbildung auf die ICD-10 vorgestellt [Quan et al. 2005], die sich inzwischen als maßgeblich durchgesetzt hat. Auch hierbei ist der Ausgangspunkt die Version von Deyo. Zusätzlich werden die im Folgenden vorgestellten *Elixhauser Comorbidities* ebenfalls bearbeitet (siehe unten). Die Überprüfung erfolgt an kanadischen Routinedaten (n=58.805) und zeigt für den Charlson-Index in der ICD-10 eine AUC von 0,860, die im gleichen Bereich liegt wie bei der gegengeprüfte Version von Deyo im ICD-9 (n=56.585) mit einer AUC von 0,842 und einer verbesserten Version (*enhanced coding algorithm*) mit einer AUC von 0,859.

2.3.2 Elixhauser Comorbidity Measures

Im Ansatz von Elixhauser et al. wird bereits mit administrativen Datenbeständen gearbeitet [Elixhauser et al. 1998]. In die Untersuchung einbezogen werden in der Literatur beschriebene und durch Auswertung der ICD-9 identifizierte Erkrankungen, anfangs eine Liste von 41 Diagnosen. Durch systematische Analysen mit univariaten und multivariaten Analysen werden die Komorbiditäten mit wesentlichem Einfluss identifiziert, wofür verschiedene Zielparameter (*outcome measures*) betrachtet werden: Krankenhaussterblichkeit (*in-hospital death*), Dauer des Krankenhausaufenthaltes (*length of stay*) und Behandlungskosten (*hospital charges*). Die Hauptdiagnosen und die Krankheiten, die während des Aufenthaltes hinzutreten, werden nicht berücksichtigt. Während Charlson et al. einzig die 1-Jahres-Mortalität betrachtet haben, wird hier der Blickwinkel auf Zielparameter ausgedehnt, für die eine Assoziation zur Komorbidität anzunehmen ist

und die als zusätzliche Prämisse in administrativen Daten verfügbar sind. In die Untersuchung gehen 1.779.167 Behandlungsfälle von 1992 aus 438 kalifornischen Akut-Krankenhäusern ein. Einerseits wird das Kollektiv im Ganzen untersucht, andererseits auch in zehn Untergruppen, nach Hauptdiagnosen getrennt. Im Ergebnis kann eine Liste von 30 Komorbiditäten, auch mit den Codes der ICD-9, vorgelegt werden. Es sind jetzt auch Leiden enthalten, die früher noch keine Berücksichtigung fanden: Geistesstörungen, Drogen- und Alkoholmissbrauch, Fettleibigkeit, Gerinnungsstörungen, Gewichtsverlust, Flüssigkeits- und Elektrolytstörungen. Von Leiden die in verschiedenen Schweregraden erfasst sein können (z.B. *uncomplicated diabetes* - *complicated diabetes*), soll nur die schwerere Form gezählt werden. Weil die Leiden unterschiedlichen Einfluss in verschiedenen Patientenkollektiven bewirken können, wird auf die Erstellung eines Index verzichtet, stattdessen eine flexibel an die Fragestellung angepasste Nutzung vorgeschlagen. Die Abbildung 3 zeigt als Beispiel Komorbiditäten mit den definierten ICD-9-Kodierungen.

Die Arbeitsgruppe um Quan stellt in der oben bereits genannten Arbeit, die eine Abbildung der Charlson Komorbiditäten vorträgt, diese auch für die *Elixhauser Comorbidities* vor [Quan et al. 2005]. Zur Validierung wird das letzte Jahr der ICD-9-Anwendung mit dem ersten Jahr der ICD-10 in Kanada verglichen. Die Betrachtung der Nebendiagnosen bei Krankenhausaufnahme, wie von Elixhauser ursprünglich angewendet, zeigt in der ICD-10-Version eine AUC von 0,854 (ICD-9 0,849), bei Berücksichtigung aller während des Aufenthaltes erfassten Diagnosen ergibt sich eine AUC von 0,870 (ICD-9 0,868).

TABLE 1. Definitions of Comorbidities

| Comorbidity | ICD-9-CM Codes | DRG Screen: Case Does <i>Not</i> Have the Following Disorders (DRG): |
|-----------------------------|--|--|
| 1. Congestive heart failure | 398.91, 402.11, 402.91, 404.11, 404.13, 404.91, 404.93, 428.0-428.9 | Cardiac ^a |
| 2. Cardiac arrhythmias | 426.10, 426.11, 426.13, 426.2-426.53, 426.6-426.89, 427.0, 427.2, 427.31, 427.60, 427.9, 785.0, V45.0, V53.3 | Cardiac ^a |
| 3. Valvular disease | 093.20-093.24, 394.0-397.1, 424.0-424.91, 746.3-746.6, V42.2, V43.3 | Cardiac ^a |

**Abbildung 3: Beispiel für Elixhauser Comorbidities und ihrer ICD-9-Kodes
(aus Elixhauser et al. 1998)**

2.3.3 Elixhauser Comorbidity Score

Weil die Anwendung der 30 Elixhauser Komorbiditäten als binäre Variable sich schwierig gestaltet, entwickelten 2009 van Walraven et al. einen einfach zu berechnenden Score [Walraven et al. 2009], den er selber als *Elixhauser comorbidity score* bezeichnet. Zu Grunde gelegt wird hierzu die Übertragung in die ICD-10 Systematik von Quan et al. mit Betrachtung des Versterbens im Krankenhaus als Zielereignis. Aus kanadischen Routinedaten (n=228.565, 1996-2008) werden für die 30 *comorbidities* über multivariate logistische Regressionen Odds Ratios und Regressionskoeffizienten berechnet und in ein Punktesystem überführt. Die Erkrankungen erhalten

so Gewichte zwischen (-7) und 12, was bedeutet, dass einige Leiden das Risiko des Versterbens verringern, wie aus den negativen Werten zu ersehen ist. Faktisch entfallen neun Diagnosen durch die Bewertung mit Null, so dass eine verkleinerte Liste von 21 nun gewichteten Komorbiditäten verbleibt. Die Summierung der Gewichte ergibt den Score-Wert. Rechnerisch sind Ergebnisse zwischen (-19) und 89 möglich. Die Validierung wird an einer zweiten Gruppe (n=117.230) vorgenommen. Als Vergleich dienen die Summierungen der ungewichteten Elixhauser-Comorbidities, zum einen aus allen 30, zum anderen aus den 21 relevanten Gruppen. Die AUC-Werte aller drei Varianten unter Betrachtung von Entwicklungs- und Validierungsstichprobe zusammen zeigen ähnlich hohe Werte von 0,763, 0,760 und 0,759. Eine Überlegenheit zum modifizierten Charlson-Index mit Gewichtungen nach Schneeweiss zeigt sich in dessen AUC von 0,745 [Schneeweiss et al. 2003].

2.3.4 Updated Charlson Index

Nachdem der Charlson-Index und die darin zugeordneten Gewichtungen der Komorbiditäten auf Daten aus dem Jahr 1984 zurückgehen, wird von Quan et al. 2011 ein „Update“ vorgestellt [Quan et al. 2011]. Durch den medizinischen Fortschritt sei ein längeres Überleben auch bei Begleiterkrankungen möglich, so dass eine Anpassung der Bewertung an die aktuellen Bedingungen erforderlich gesehen wird. Weil von der ICD-10-Abbildung von Quan et al. [Quan et al. 2005] ausgegangen wird und diese sich auf die Modifikation von Deyo et al. stützt [Deyo et al. 1992], werden 17 Komorbiditäten als Original betrachtet und nicht 19 wie ursprünglich von Charlson et al. [Charlson et al. 1987]. Eine Präzisierung der Anwendung erfolgt dadurch, dass die drei Conditions, die in verschiedenen Schweregraden erfasst sein können, nur jeweils in der höheren Bewertung gezählt werden. Hierbei handelt es sich um Tumordiagnosen (*metastatic tumor* vs. *any malignancy*), um Leberkrankheiten (*mild* vs. *moderat or severe liver disease*) und um Zuckerkrankheit (*diabetes with* vs. *without chronic complications*). Zur Entwicklung des Update kommt dieselbe Methodik zur Anwendung wie beim Original: in einer Testpopulation wird die 1-Jahres-Mortalität in Bezug zu jeder Charlson-Komorbidität betrachtet; dann wird für jede einzelne die hazard ratio berechnet und aus dieser nach festgelegten Intervallen die Score-Gewichtung abgeleitet. Zur Validierung wird der neue Score an sechs großen internationalen Kohorten im Hinblick auf das Zielereignis Versterben-im-Krankenhaus geprüft. Die Vorhersagegüte wird anhand der C-Statistik mit dem Original-Score verglichen. Während Charlson durch Aktenauswertung (n=604) Komorbiditäten identifizierte, werden jetzt die bereits bekannten Charlson-Komorbiditäten aus den administrativen Daten erwachsener (> 18 J.) Kanadier mit Krankenhausbehandlung abgefragt (n=55.929). Mit Rückgriff auf die Melderegister (*Vital Statistics Registry*) wird das Versterben nach Entlassung erfasst. Im Ergebnis entfallen fünf Komorbiditäten mit dem Gewicht Null aus dem Score, von den verbleibenden 12 werden drei niedriger und vier höher gewichtet, die übrigen fünf bleiben gleich.

Die Validierung des aktualisierten Scores wurde an administrativen nationalen oder regionalen Daten aus sechs verschiedenen Ländern durchgeführt: Australien (n=352.200), Kanada (n=1.894.843), Frankreich (n=779.336), Japan (n=2.361.957), Neuseeland (n=670.908) und Schweiz (n=788.355). Die Auswertung mit der C-Statistik ergab Werte zwischen 0,727 und 0,878 für die Neu-Fassung des Scores; im Vergleich dazu erreichte der Original-Score Werte zwischen 0,723 und 0,882. Anzumerken

ist, dass hier auch Alter und Geschlecht als unabhängige Variable in die Berechnung mit einbezogen wurden. Es zeigte sich keine wesentliche Änderung des Ergebnisses, jedoch wurde mit der Kürzung der Liste eine Vereinfachung bei gleicher Güte erreicht.

2.3.5 Combined Comorbidity Score

Die Forschergruppe um Gagne in Boston, USA, stellt 2011 einen *Combined Comorbidity Score* vor, der durch Auswertung aller Komorbiditäten, die im Charlson Index und in den Elixhauser Komorbiditäten angewendet sind, entwickelt wurde. Bei Überschneidungen ergibt sich als Ausgangspunkt eine Liste von 37 Komorbiditäten. Als Basis kommen administrative Daten aus der *Medicare Health Insurance*, einer öffentlichen Krankenversicherung für Ältere und Behinderte, zur Anwendung. Betrachtet wird ein großes Patientengut (n=120.679, Pennsylvania) aus den Jahren 2004 und 2005 mit Kodierung in der ICD-9-Systematik. Der Charlson Index wird in der Romano-Adaptation, die Elixhauser Comorbidities im Original angewendet. Mit der binären Zielvariablen 1-Jahres-Mortalität werden über logistische Regressionen die Odds Ratios und daraus die Gewichtungen errechnet, wobei 17 Komorbiditäten mit einem Null-Wert entfallen. Der *Combined Comorbidity Score* besteht dann aus 20 Erkrankungen mit Gewichten von (-1) bis 5, der rechnerische Wertebereich reicht von (-2) bis 26. Von den verbleibenden Comorbidities sind sieben aus der Liste von Charlson und 13 aus der von Elixhauser übernommen. Zur Validierung wird eine andere Kohorte der *Medicare Health Insurance* (n=123.855, New Jersey) herangezogen und als abhängige Variable werden 1-Jahres-Mortalität, 180-, 90- und 30-Tage-Mortalität betrachtet. Als Vergleiche dienen der Charlson-Index und der Elixhauser Comorbidity Score nach van Walraven. Die AUC zeigt durchgehend eine signifikante Überlegenheit des neuen Verfahrens mit Werten zwischen 0,788 (1-Jahr-Mortalität) und 0,860 (30-Tage-Mortalität).

2.3.6 Strukturmodelle der ICD-10-Systematik

Von Stausberg wurde ein Verfahren zur Bewertung der Komorbidität entwickelt, das als Variablen die Elemente aus der Gliederungsstruktur der ICD-10 verwendet [Stausberg 2011a]. Die ICD-10 ist hierarchisch aus 22 Kapiteln und 241 Gruppen (in der obersten Ebene, s. u.) aufgebaut. In einem Modell sind auf Ebene der Kapitel, in der anderen auf Ebene der Gruppen relevante Bereiche identifiziert. Für diese Gliederungsbereiche als unabhängige Variable sind über multivariate logistische Regressionsanalyse mit „Tod-im-Krankenhaus“ als abhängiger Variable die Regressionskoeffizienten β und der Wert α (vgl. 2.4.1) abgeschätzt, so dass daraus für jedes Individuum das Risiko für das Zielereignis Versterben-im-Krankenhaus berechnet werden kann. Dieses Strukturmodell wurde an den Routinedaten von drei großen Krankenhäusern mit einer Fallzahl von 51.898 aus dem Jahr 2008 erarbeitet.

Strukturmodell der ICD-10-Kapitel

Die oberste Gliederungsstruktur sind die 22 Kapitel, die mit den römischen Ziffern I bis XXII bezeichnet werden.

Im ersten Schritt werden fünf Kapitel aus verschiedenen Überlegungen primär ausgeschlossen:

- Kap. I weil es vielfach Codes zur Präzisierung enthält, die als Sekundärkode mit einem Stern gekennzeichnet (*Sternkodes*) nur als Ergänzung zum Kode aus einem anderen Kapitel zu vergeben sind.

- Kap. XV weil Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett nicht als Krankheit zu werten sind, auch wenn die zugehörigen krankhaften Störungen hier enthalten sind.
- Kap. XX weil es zur Verschlüsselung zusätzlicher Angaben dient (*Äußere Ursachen von Morbidität und Mortalität*).
- Kap. XXI weil es erkrankungsunabhängige Faktoren einer Inanspruchnahme des Gesundheitswesens darstellt.
- Kap. XXII weil es undefinierte Codes enthält (*Schlüsselnummern für besondere Zwecke*).

Im zweiten Schritt werden von den verbleibenden 17 Kapiteln über Regressionsanalyse weitere vier ausgeschlossen, die keine statistische Signifikanz für das Zielereignis zeigen (Kap IV, VI, XI, XVI). So verbleiben 13 Kapitel, die in das Regressionsmodell Eingang finden, und für die jeweils die Koeffizienten der logistischen Gleichung berechnet werden. Die Auflistung der relevanten Kapitel und die Werte der Regressionskoeffizienten sind tabellarisch im Anhang zusammengestellt (siehe Tabelle 8).

Strukturmodell der ICD-10-Gruppen

Die nächste Gliederungsebene ist die der Gruppen, die nach dem Bereich der ICD-Kodes in dreistelliger Form benannt sind, z.B. F00-F09 (*Organische, einschließlich symptomatischer psychischer Störungen*). Für einige Gruppen sind weitere Untergruppen eröffnet, z.B. C76-C80 (*Bösartige Neubildung ungenau bezeichneter, sekundärer und nicht näher bezeichneter Lokalisation*) als Untergliederung zu C00-C97 (*Bösartige Neubildungen*). Betrachtet werden nur die 241 Gruppen der obersten Ebene.

Im ersten Schritt werden die Gruppen der zuvor ausgeschlossenen Kapitel und die Gruppe R95-R99 *Ungenau bezeichnete und unbekannte Todesursachen* entfernt, weil hier der Tod die primäre Information ist. Es verbleiben dann 165 Gruppen.

Zusätzlich werden für die Analyse endständige Codes ausgeschlossen, bei denen das Versterben bereits Teil der Definition ist:

- I46.1 *Plötzlicher Herztod, so beschrieben*
- O95 *Sterbefall während der Gestationsperiode nicht näher bezeichneter Ursache*
- O96 *Tod infolge jeder gestationsbedingten Ursache nach mehr als 42 Tagen bis unter einem Jahr nach der Entbindung*
- O97 *Tod an den Folgen gestationsbedingter Ursachen*
- P95 *Fetaltod nicht näher bezeichneter Ursache*

Im zweiten Schritt werden in Analogie zur Kapitelauswertung mit der logistischen Regression die relevanten Gruppen ermittelt und die Koeffizienten bestimmt. Es verbleiben 42 Gruppen mit Relevanz für das betrachtete Zielereignis Versterben-im-Krankenhaus.

Die Auflistung der Gruppen und die Werte der Regressionskoeffizienten sind tabellarisch im Anhang zusammengestellt (siehe Tabelle 9).

2.3.7 PCCL

Der *PCCL*-Wert (*Patient Clinical Complexity Level*) stellt im DRG-System den Gesamtschweregrad der Nebendiagnosen dar. Zur Ermittlung werden diejenigen Nebendiagnosen herangezogen, deren ICD-Kodes in einer geschlossenen Liste enthalten sind. Diese als Komplikationen und/oder Komorbiditäten (*CC, comorbidity and/or complication*) bezeichneten Diagnosen sind dadurch charakterisiert, dass sie *in der Regel zu einem signifikant höheren Ressourcenverbrauch führen* [InEK 2010].

Als Ausgangspunkt werden die dokumentierten Nebendiagnosen mit der CC-Liste verglichen. Für die so ermittelten Diagnosen wird geprüft, ob sie einerseits mit der Hauptdiagnose in engem Zusammenhang stehen und ob sie andererseits wiederholt erscheinen. In beiden Fällen werden sie dann nicht weiter gewertet. Jedem gültigen CC-Kode wird dann ein Komplikations- und Komorbiditätslevel (*CCL, comorbidity and/or complication-level*) mit Zahlenwert zwischen 0 und 4 zugewiesen, wobei dieser variieren kann und von verschiedenen Faktoren abhängig ist: vom Geschlecht des Patienten, vom Entlassungsgrund, von der ermittelten Basis-DRG und davon, ob die Behandlung medizinisch, neonatologisch oder operativ eingeordnet ist. Die Werte sind abhängig von diesen Bedingungen tabellarisch vorgegeben. Anschließend werden die bewerteten Nebendiagnosen nach absteigenden CCL-Werten sortiert und erneut eine Prüfung vorgenommen. Um eine doppelte Zählung ähnlicher Diagnosen zu verhindern, wird der niedrigere Wert bei zusammenhängenden Nebendiagnosen ausgeschlossen. Für Neugeborene sind die CCL in einer gesonderten Liste vorgegeben und der Algorithmus ist verkürzt. Es wird dort auf die Zwischenprüfungen der Redundanz verzichtet. Aus den verbleibenden CCLs wird mit einem aufwändigen Verfahren (siehe Formel 1) der PCCL errechnet. Darin enthalten ist auch ein variabler Parameter α für systematische Anpassungen. Die Ermittlung und Berechnung wird von der Gruppierungs-Software, dem *Grouper*, erledigt. Die möglichen Werte sind die ganzen Zahlen von 0 bis 4, die wie folgt einzuordnen sind:

| | |
|----------|---|
| PCCL = 0 | keine CC (<i>comorbidity and/or complication</i>) |
| PCCL = 1 | leichte CC |
| PCCL = 2 | mäßig schwere CC |
| PCCL = 3 | schwere CC |
| PCCL = 4 | äußerst schwere CC |

Alle Vorgaben, die Listen der CCs und der CCLs, die Berechnungsformel und auch der Wert von α werden vom *Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus* (InEK) festgelegt und bei Bedarf jährlich korrigiert.

Formel 1: Berechnung des PCCL

$$PCCL = \begin{cases} 0 & \text{falls keine ND vorhanden ist} \\ 4 & \text{wenn } x > 4 \\ x & \text{alle anderen Fälle} \end{cases}$$

$$\text{Wobei } x = \text{round} \left\{ \frac{\ln\{1 + \sum_{i=k} CCL(i) * \exp(-\alpha * (i - k))\}}{\ln(3/\alpha)/4} \right\}$$

α ist ein Parameter und hat 2010 den Wert 0,4.

$k=1$ für die Basis-DRGs P01-P67, $k=2$ für alle anderen Basis-DRGs.

(aus G-DRG-Definitionsbandbuch 2010 [InEK 2010])

2.3.8 Zählung der Nebendiagnosen

Vereinfachend betrachtet kann jeder dokumentierte Code in der ICD-Systematik als eine eigenständige Diagnose, also eine Erkrankung betrachtet werden. In Routinedaten der Krankenhausabrechnung sind die Hauptdiagnosen (Indexerkrankung) gekennzeichnet, so dass die übrigen Diagnosen als Nebendiagnosen identifiziert werden können.

Die wertungslose, einfache Zählung der Nebendiagnosen ist als Vergleich und auch Mindest-Richtmaß für die etablierten Komorbidität-Scores untersucht worden und es zeigte sich, dass etablierte Scores, so auch der Charlson Index, in Bezug auf das Versterben eine bessere Vorhersagekraft erreichen [Rochon et al. 1996]. Eine höhere Güte des Zählverfahrens gegenüber dem Charlson Index und den Elixhauser Komorbiditäten ist bestätigt in Bezug zur Dauer des Krankenhausaufenthalts [Rochon et al. 1996] und auch bei Untersuchung von Bevölkerungsdaten in Bezug zur Hospitalisierung [Quail et al. 2011]. Die AUC-Werte aus der Arbeit von Quail et al. können extern nicht verglichen werden, weil Daten mit Informationen über Alter, Quadrat des Alters, Geschlecht, Wohngebiet und Einkommensniveau als *base model* in die Berechnung einfließen und dies bereits eine AUC von bis zu 0,880 erreicht.

2.4 Grundlagen der statistischen Verfahren

2.4.1 Die Regressionsanalyse und die logistische Regression

Die Regressionsanalyse ist ein statistisches Verfahren, mit dem Zusammenhänge zwischen verschiedenen Variablen ermittelt werden. Das Ziel ist die Darstellung des Zusammenhangs in einer Formel, die es ermöglicht, aus vorliegenden Werten das erwartete Ergebnis zu errechnen. Die vorgegebenen Parameter werden als *unabhängige Variable* bezeichnet, das errechnete Ergebnis ist die *abhängige Variable* [Bender et al. 2007].

Einen linearen Zusammenhang beschreibt die Formel 2:

Formel 2:

$$Y = \alpha + \beta X$$

Der Wert α stellt den Kreuzungspunkt mit der y-Achse, β die Steigung der Geraden dar. Bei Kenntnis der Koeffizienten α und β kann aus einer Variablen, dem Prädiktor, der zugehörige andere Wert errechnet werden. Umgekehrt können der lineare Zusammenhang aus einer Datenmenge zusammengehöriger Werte ermittelt und die Koeffizienten bestimmt werden. Im genannten Beispiel erfolgt das im Modell der *einfachen linearen Regression*.

Eine Erweiterung auf mehrere lineare Faktoren wäre beispielsweise bei der Untersuchung des Einflusses von systolischem Blutdruck, Alter und Gewicht auf das Leistungsvermögen vorstellbar. Die Formel 3 beschreibt die Berücksichtigung mehrerer linearer Variablen:

Formel 3:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m$$

Bei der Analyse dieses Zusammenhangs kommt das Modell der *multiplen linearen Regression* zur Anwendung.

Insbesondere in der Medizin ist die Zielvariable Y häufig nicht linear, sondern dichotom, so etwa das Vorliegen einer Erkrankung oder das Versterben. Das Messniveau hierfür ist jeweils binär: Ja – Nein oder 0 – 1. Zur Darstellung eines quantitativen Zusammenhangs wird dann nicht $Y=0$ oder $Y=1$ betrachtet, sondern die **Wahrscheinlichkeit p (probability)** für das Eintreten des Zielereignisses ($Y=1$) modelliert (siehe Formel 4).

Formel 4:

$$p = P(Y = 1)$$

Während für die Zielvariable Y nur die beiden Werte 0 und 1 möglich sind, kann die **Wahrscheinlichkeit p** hierfür alle Werte zwischen 0 und 1 annehmen.

Eine Erweiterung auf den gesamten positiven Zahlenbereich wird erreicht, indem die **Chance $p/(1-p)$** (engl. odds) betrachtet wird; die Werte können z.B. 1:100, oder 100:1 sein.

Als „**logit (p)**“ wird der **Logarithmus der Chance** bezeichnet: **$\log [p/(1-p)]$** . Der Wert des **logit** kann dann als weitere Ausdehnung in der gesamten reellen Zahlenmenge liegen.

Hohe Werte des **logit** entsprechen einer hohen Wahrscheinlichkeit und einer hohen Chance für die Zielvariable Y.

Unter der Annahme einer linearen Beziehung zwischen dem **logit (p)** und einer singulären erklärenden Variablen X stellt die Formel 5 den Zusammenhang dar.

Formel 5:

$$\text{logit}(p) = \log[p/(1-p)] = \alpha + \beta X$$

Mit der Exponentialfunktion (*exp*) mathematisch anders ausgedrückt ergibt sich Formel 6:

Formel 6:

$$p = \frac{\exp(\alpha + \beta X)}{1 + \exp(\alpha + \beta X)}$$

Eine Analyse in diesem Modell wird mit der **univariaten logistischen Regression** durchgeführt. Bei Ausdehnung auf mehrere erklärende Variable β_1 - β_m ist die Gleichung zu erweitern (siehe Formel 7).

Formel 7:

$$\text{logit}(p) = \log[p/(1-p)] = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m$$

Bei diesem Analyseverfahren wird die **multiple logistische Regression** zur Anwendung gebracht. Während bei einer linearen Regressionsanalyse eine direkte Berechnung des optimalen Kurvenverlaufs möglich ist, muss bei der logistischen Regression über einen iterativen Algorithmus eine Lösung im Maximum-likelihood-Verfahren angenähert werden, Statistik-Software bietet diese Verfahren an [Bender et al. 2007; Bender 2009; LaValley 2008].

2.4.2 Die ROC-Kurve

Die *receiver-operating characteristics curve*, kurz ROC-Kurve, ermöglicht durch graphische Darstellung die Bewertung und Optimierung von Testverfahren. Hierunter fallen nicht nur diagnostische Tests, sondern auch statistische Modelle [Zou et al. 2007]. Häufig kann nicht „positiv“ oder „negativ“ als Ergebnis eines Tests, beispielsweise bei Laborwerten, ermittelt werden, wenn auch eine Aussage über ein binäres Resultat (Krankheit ja/ nein) gesucht wird. Das Ergebnis ist ein Wert auf einer kontinuierlichen Skala. Um davon ein binäres Resultat angeben zu können, muss ein Schwellenwert festgelegt werden. Für jeden möglichen Wert kann der Anteil falsch positiver Ergebnisse (1-Spezifität) und der Anteil richtig positiver Ergebnisse (Sensitivität) berechnet werden. Zur graphischen Darstellung als ROC-Kurve werden die beiden Kriterien in ein Koordinatensystem eingetragen: auf der X-Achse (*1-Spezifität*) und auf der Y-Achse *Sensitivität*. Der Schwellenwert selbst erscheint in der Darstellung nicht, kann aber den einzelnen Punkten des Graphen zugeordnet werden. Der Start der Kurve liegt stets bei (0; 0), das Ende bei (1; 1). Für einen nicht aussagefähigen Test, der ein zufälliges Ergebnis wie im Münz-Wurf-Experiment erbringt, verläuft die Kurve als Winkelhalbierende (Kurve „C“ in Abbildung 4), bessere Tests liegen oberhalb (Kurve „B“ in Abbildung 4), je höher, desto besser. Die Ideal-Konstellation wäre bei Sensitivität von 1,0 und Spezifität von 1,0 (also (1-Spezifität) gleich 0) gegeben, also in der linken oberen Ecke der ROC-Kurve (Kurve „A“ in Abbildung 4). Je nach den Anforderungen an das Testverfahren kann der am besten geeignete Schwellenwert ausgewählt werden.

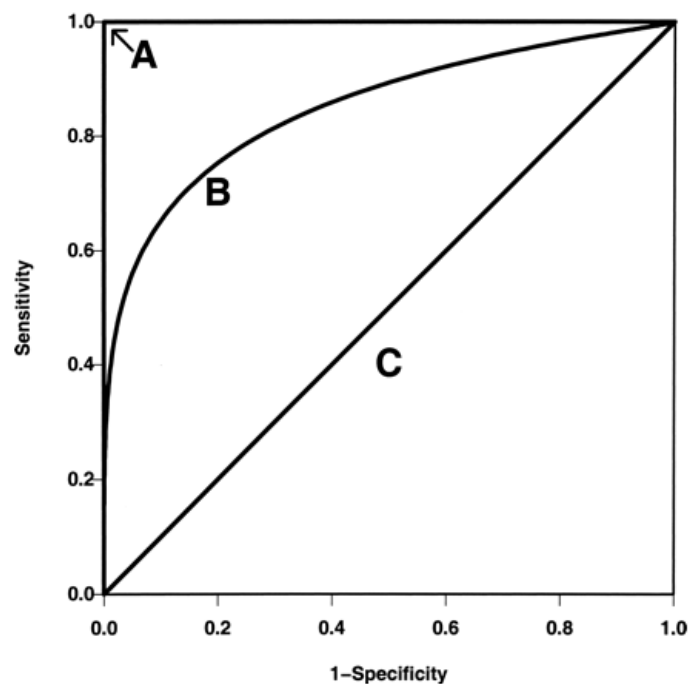


Abbildung 4: Darstellung beispielhafter ROC-Kurven
[Zou et al. 2007]

Die Gesamtbewertung eines Testverfahrens ist durch visuellen Vergleich mit den Kurven anderer Verfahren oder quantitativ auch durch Ermittlung der Fläche unter der Kurve (*area under curve, AUC*) möglich [Zou et al. 2007; LaValley 2008]. Der mögliche Wertebereich liegt zwischen 0 und 1, wobei durch Auswahl des Zielereignisses ($Y=1$) der Wertebereich auf 0,5 bis 1 definiert ist. Eine Betrachtung mit dem gegensätzlichen Ziel ($Y=0$) würde den Wertebereich 0 bis 0,5 ergeben, was aber nicht angewendet wird. Der Wert 1 (=100%) bedeutet perfekte Prädiktion der abhängigen Variablen aus den unabhängigen Variablen des Modells, 0,5 (50%) entspricht für das dichotome Ergebnis (ja/nein) dem Zufall wie beim Münzwurf. Ein Wert von 0,7 bis 0,8 wird als *akzeptable Diskrimination*, 0,8 bis 0,9 als *exzellente Diskrimination* betrachtet [Hosmer et al. 2000].

2.4.3 Vorhersagekraft des logistischen Regressionsmodells

Mit logistischen Regressionsmodellen werden Zusammenhänge bei binärem Ergebnisniveau (Krankheit ja/nein, Tod ja/nein) betrachtet. In der Vergangenheit wurden verschiedene Möglichkeiten zur quantitativen Bemessung der Vorhersagekraft diskutiert. Durch verschiedene erklärende Variable soll eine Aussage für ein binäres Ereignis getroffen werden, wozu ein Schwellenwert der Variablen erforderlich ist. Die Sensitivität bezeichnet hier die relative Häufigkeit der richtigen Zuordnung unter der Annahme, dass das Ereignis eingetreten ist, die Spezifität unter Annahme, dass das Ereignis nicht eingetreten ist. Die ROC-Kurve stellt die Diskriminationsfähigkeit des Modells dar (*measure of discrimination*) [Schneeweiss et al. 2000]. Als Maßzahl dient die Fläche unter der Kurve (*area under curve, AUC*). Im amerikanischen Sprachraum ist hierfür auch der Begriff *c-statistic (concordance-statistic)* gebräuchlich [Cook 2007; LaValley 2008]. Die AUC wird als am meisten valide betrachtet [D'Hoore et al. 1996] und hat sich als Vergleichsinstrument durchgesetzt

[Stukenborg et al. 2001; Schneeweiss et al. 2004; Quan et al. 2011; Quan et al. 2005; Sundararajan et al. 2004; Schneeweiss et al. 2000].

Die AUC kann für die vorliegende Arbeit weiter verdeutlicht werden: Sie steht für die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig ausgewählte Probanden mit unterschiedlichen Ergebnissen (abhängige Variable) vom Modell durch Bewertung der unabhängigen Variablen in korrekter Relation untereinander eingeordnet werden [Schneeweiss et al. 2004; D'Hoore et al. 1996]. Konkret bedeutet es, dass für den im Krankenhaus Verstorbenen ein höherer Score-Wert errechnet wird als für den Nicht-Verstorbenen. Hierbei wird das Ereignis „Versterben-im-Krankenhaus“ als dichotome abhängige Variable (Tod=1) und der jeweilige Score-Wert als kontinuierliche unabhängige Variable gesetzt.

2.4.4 Korrelationskoeffizient nach Spearman

Die Korrelation beschreibt eine Beziehung zwischen verschiedenen Merkmalen ohne die Notwendigkeit eines kausalen Zusammenhangs. In der Statistik sind zahlreiche verschiedene Verfahren etabliert, die nach den Gegebenheiten der Ergebnisse auszuwählen sind. Unterschieden wird nach Anzahl (eine, zwei, mehr als zwei) und Konstellation (unabhängig oder verbunden) der Stichproben, nach der Art der Ergebnisse (ordinal, nominal) und deren Verteilung (diskret verteilt, nicht normalverteilt, angenähert normalverteilt).

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich bei den verschiedenen Bewertungsverfahren der Komorbidität je Datensatz, also je Patient, um verbundene Stichproben. Die Ergebnisse sind mindestens ordinal, nicht jedoch linear verteilt. Auch eine Normalverteilung ist nicht gegeben. Somit ergibt sich als anzuwendendes Verfahren der *Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman*. Der mögliche Wertebereich erstreckt sich von -1 bis +1. Bei 0 ist kein Zusammenhang, bei dem Betrag 1 der maximal mögliche Zusammenhang gegeben. Bei negativem Ergebnis besteht ein negativer, oder umgekehrter, bei positivem Resultat ein positiver Zusammenhang. Einheitliche Richtlinien zur Bewertung des Ergebnisses existieren nicht, jedoch sind Vergleiche im Kontext des identischen Sachbezuges aussagekräftig [Lange et al. 2007].

3. Material und Methoden

3.1 Anwendung des Begriffs Komorbidität in der vorliegenden Arbeit

Komorbidität wird als Schwere einer Nebenerkrankung oder das Zusammenwirken mehrerer Leiden verwendet. Wenn die Hauptdiagnose in den Berechnungen berücksichtigt ist, wird das stets klar beschrieben. Dann ergibt die Berechnung eine Bemessung der Multimorbidität, auch wenn formal nicht ganz sauber von *Ko-Morbidität* gesprochen wird. Bei den Berechnungen allein aus den Nebendiagnosen ist der Begriff unter der Definition von Feinstein [Feinstein 1970] korrekt ausgefüllt.

3.2 Abbildung der internationalen Scores auf die ICD-10-GM 2010

Die derzeit gebräuchlichen Abbildungen der 17 *Conditions* von Charlson und der 30 *Comorbidities* von Elixhauser auf die ICD-10-Systematik sind die validierten Zusammenstellungen von Quan et al. [Quan et al. 2005]. Wegen der jährlichen Anpassungen der ICD sowohl international als auch national ist für die vorliegende Arbeit an deutschen Routinedaten von 2010 auch ein Abgleich erforderlich. Der Ausgangspunkt sind die Abbildungen auf die ICD-10-GM 2008, die der Arbeit von Stausberg zugrunde liegen. Diese und die Zusammenstellungen der Kode-Bereiche von Quan sind manuell mit der ICD-10-GM, Version 2010 abgeglichen. Die Trunkierungen wie z.B. R56.x, auch als *Wildcards* bezeichnet, sind endstellig differenziert. Ebenso sind die als Bereiche dargestellten Codes, z.B. D69.3-D69.6, in Listen der enthaltenen Codes überführt. So sind für alle Vorgaben die möglichen Verfeinerungen in der ICD erfasst und es ergeben sich Listen mit endständigen drei- bis fünf-stelligen ICD-Kodes. Die Abweichungen zur Abbildung auf die Version 2008 sind gering, es handelt sich nur um Unterschiede in den 4. oder 5. Stellen im Kode.

3.2.1 Charlson Conditions

Die 17 Charlson Conditions sind bei Quan et al. durch 137 Diagnosen oder Diagnosebereiche charakterisiert.

Die Abbildung auf die Version 2008 aus der Arbeit von Stausberg et al. 2011 zeigt 1.169 Kodes. Eine Präzisierung zur Version 2010 ist beispielsweise zu beobachten bei K55.8 (Sonstige Gefäßkrankheiten des Darmes) erfolgt in K55.81, K55.82 (Angiodysplasie des Dünndarmes ohne/ mit Blutung) und K55.88 (Sonstige Gefäßkrankheiten des Darmes). Aber auch Umstrukturierungen sind festzustellen, wie z.B. N18.81 in N18.1 (chronische Nierenkrankheit, Stadium 1).

Aus den 17 Conditions ergeben sich in der ICD-10-GM 2010 **1.175 vollständige Kodes**. Nach Angaben des DIMDI enthält die ICD-10-GM 2010 ca. 13.300 Kodes, eine präzisere Zahl wird nicht veröffentlicht [DIMDI 2013b]. Somit umfasst der Charlson-Index hier einen Anteil von **ca. 8,8% der ICD-Kodes**. Im Vergleich zwischen den Versionen 2008 und 2010 ergeben sich für den Charlson-Index 16 Änderungen, die Gesamtzahl der Kodes ist um sechs gestiegen.

3.2.2 Elixhauser Comorbidities

Aus den 30 Elixhauser Comorbidities, die bei Quan et al. in 198 Charakterisierungen erfasst sind, kann nach Stausberg et al. in der deutschen ICD-10 von 2008 eine Liste von 1.519 Kodes erstellt werden. Im Vergleich zu 2010 sind Präzisierungen zu beobachten, z.B. D68.3 (Hämorrhagische Diathese...) in D68.30 (...durch Antikoagulantien), D68.31 (...durch Vermehrung von Antikörpern gegen Faktor VIII), D68.32 (...durch Vermehrung von Antikörpern gegen sonstige Gerinnungsfaktoren) und D68.38 (...durch sonstige...Antikörper), aber auch Umstrukturierungen wie z.B. G21.8 in G21.4 (Vaskuläres Parkinson-Syndrom).

Die manuell geprüfte Abbildung auf die ICD-10-GM 2010 erbringt **1.530 vollständige Kodes**. Das entspricht hier einem Anteil von **11,5% der ICD-Kodes**. Die neue Liste für die ICD-10 Version von 2010 zeigt im Vergleich zu 2008 25 Änderungen und ist um 11 Diagnosen verlängert.

3.3 Entwicklung ganzzahliger Scores aus den Strukturmodellen der ICD-10-Systematik

Das Strukturmodell stützt sich zur Berechnung des Komorbiditätswertes in der einen Variante auf das Vorliegen von Erkrankungen aus 13 Kapiteln, in der anderen aus 42 Gruppen. Die Regressionskoeffizienten für die Variablen, also die ICD-Gliederungsbereiche, gehen in einer Genauigkeit von 16 Stellen, also bis 15 Stellen hinter dem Komma, in die Berechnung ein. Ihr Wertebereich reicht für die Kapitel-Methode ca. von -1,30 bis +1,51, im Gruppen-Verfahren ca. von -46,66 bis +1,63. Die positiven Werte bedeuten eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit für das Versterben im Krankenhaus, die negativen beschreiben eine Verminderung. Die Berechnung der Ergebnisse aus diesen langstelligen Summanden ist aufwändig. Eine Anwendung ohne Computerunterstützung ist auch in kleinen Untersuchungskollektiven nicht vorstellbar. Jedoch auch PC-unterstützt ist für diese Genauigkeit eine unverhältnismäßig hohe Rechenleistung erforderlich, so dass die Überführung in einen ganzzahligen Score als eines der Ziele dieser Arbeit festgelegt wurde. Um eine Erleichterung in der Anwendung zu erreichen wird ein Präzisionsverlust der exakten Funktion in Kauf genommen. Zur Bewertung soll der Score genau wie die anderen Verfahren der Zuverlässigkeitsprüfung unterzogen werden.

3.3.1 Methode zur Berechnung des Punkt-Wertes für jede Variable

Im ersten Schritt wird eine *Konstante B* festgelegt, die den Score-Wert 1 darstellen soll. Um den Score in einen kleinzahligen Bereich zu legen, wird in dieser Arbeit der Regressionskoeffizient mit dem niedrigsten Betrag als *Konstante B* ausgewählt. Der zugehörige Abschnitt der ICD, Kapitel oder Gruppe, ist dann die Variable mit dem Punktwert vom Betrag 1. Im zweiten Schritt erfolgt die Ermittlung der Punktwerte für die übrigen Variablen, also die restlichen ICD-Gliederungsbereiche, indem die zugehörigen Regressionskoeffizienten durch die *Konstante B* geteilt und dann ganzzahlig gerundet werden [Sullivan et al. 2004; Perneger et al. 2002]. Das Vorzeichen des Regressionskoeffizienten ist zu übernehmen. Entsprechend einer Verminderung oder Erhöhung der

Wahrscheinlichkeit sind sowohl die Werte der einzelnen Punkte als auch der gesamte Score zu verstehen.

Somit ist dann jeder Variablen ein ganzzahliger Punktwert zugeordnet. Die Berechnung des Scores geschieht durch Summation der erfüllten Variablen, also der ICD-Gliederungsbereiche, in denen eine Krankheit dokumentiert ist. Der Score ist die Darstellung der Schwere der Komorbidität, sein theoretischer Wertebereich reicht von der Summe aller negativen Punkt-Werte bis zur Summe aller positiven Werte.

3.3.2 Anwendung im Strukturmodell ICD-10-Kapitel

Der Gliederungsbereich mit dem Regressionskoeffizienten vom kleinsten Betrag ist das Kapitel 19, sein Wert von (-0,21935) wird als Konstante B definiert. Unter Berücksichtigung des negativen Vorzeichens wird diesem Kapitel also der Punktwert (-1) zugeordnet. Durch Division jedes Regressionskoeffizienten durch die Konstante B und ganzzahlige Rundung werden die übrigen Punktwerte errechnet. Diese liegen im Bereich von (-6) bis 7. Der rechnerisch maximal mögliche Umfang des Score-Wertes reicht von (-20) bis 27. Die Tabelle der Berechnung ist beigelegt (siehe Anhang, Tabelle 8).

3.3.3 Anwendung im Strukturmodell ICD-10-Gruppen

Der Regressionskoeffizient der Gruppe 136 (ICD: R30) zeigt mit einem Wert von (-0,35756) den kleinsten Betrag, so dass dieser als Konstante B gesetzt wird. Die Berechnung und Rundung der übrigen Punktwerte erfolgt wie oben beschrieben, der Wertebereich reicht von (-131) bis 6. Die Gruppe 78 (ICD: K35) mit dem Wert von (-131) stellt einen Ausreißer dar. Die übrigen negativ gewichteten Gruppen erreichen minimal den Wert von (-7). Der theoretisch umfasste Score-Bereich liegt zwischen (-176) und 71. Die Details der Berechnung sind beigelegt (siehe Anhang, Tabelle 9).

3.4 Datengrundlage

Für die Untersuchungen hier kommen anonymisierte Abrechnungsdaten von deutschen Krankenhäusern des Jahres 2010 zur Anwendung. Es handelt sich um 36 Krankenhäuser, die in einer Arbeitsgemeinschaft zur Qualitätssicherung zusammenarbeiten. Die Größe der Häuser bewegt sich zwischen 50 und über 800 Betten, die Mehrzahl liegt zwischen 150 und 400 Betten [Stausberg 2011b].

In den verwendeten Daten sind Merkmale, die eine Identifizierung der Patienten oder der Krankenhäuser ermöglichen, nicht enthalten. Die Daten wurden bereinigt zur Verfügung gestellt: Datensätze, die in folgenden Kriterien unvollständig waren, sind entfernt: Geschlecht, Hauptabteilung, entlassende Abteilung, Aufnahmegrund, Entlassungsgrund, Hauptdiagnose, MDC. Weiterhin bereinigt wurden Fälle mit ICD-Kodierung nach der ICD-10-GM von 2009 und Fälle mit nicht endständigen (unvollständigen) ICD-Kodes. Doppelte Nebendiagnosen und solche, die bereits im selben Fall als Hauptdiagnose der gleichen Lokalisation erfasst sind, wurden gelöscht [Stausberg 2012]. Bei Sekundärkodes handelte es sich um Präzisierungen eines Primär-Kodes, *Kreuz-Kode*, durch Verknüpfung zu einem Sekundär-Kode, der auch *Stern-Kode* genannt wird. Die Unterscheidung zwischen Nebendiagnosen und Sekundärdiagnosen ist aufgelöst.

Es handelt sich dann um die Daten von 435.076 stationären Aufenthalten. Neben der Hauptdiagnose jeder Behandlung liegen 2.003.934 Nebendiagnosen vor. Die Gesamtzahl der Diagnosen ist also 2.439.010. Damit ergibt sich eine mittlere Anzahl von 5,6 Diagnosen pro Fall [Stausberg 2012].

In der vorliegenden Arbeit werden folgende Parameter verwendet:

- Geschlecht
- Alter in Jahren
- Entlassungsgrund: Das Zielereignis *Versterben-im-Krankenhaus* ist durch die Kodierung „079“ zu identifizieren.
- Verweildauer
- ICD-Kode (3- bis 5-stellig, endständig): Die Zuordnung oder Berechnung der verschiedenen Komorbiditäts-Scores erfolgt durch Zugriff auf die ICD-Kodes.
- ICD-Art (Haupt- oder Nebendiagnose)
- PCCL-Wert: Dieser geht als eigenständiges Instrument zur Bemessung der Begleiterkrankungs-Schwere in die Untersuchung ein.

3.5 Berücksichtigung der Hauptdiagnose

In verschiedenen Arbeiten wird auch die Hauptdiagnose zur Berechnung des Komorbiditäts-Scores mit berücksichtigt, wenn auch diese Anwendung nicht konform zur Definition von Feinstein von 1970 ist. Sundararajan et al. untersuchen die selbst erstellte ICD-10-Abbildung des Charlson-Index zuerst mit Berücksichtigung aller Diagnosen, erreichen dabei einen AUC-Wert von 0,85-0,86. Dann erst wird im zweiten Schritt ohne Hauptdiagnose erneut geprüft und ein AUC-Wert von 0,79 ermittelt [Sundararajan et al. 2004]. Auch bei van Walraven et al. ist die Berücksichtigung der Hauptdiagnose zur Erstellung des Scores zu vermuten [Walraven et al. 2009].

Um diese Differenzen mit beurteilen zu können, werden in der vorliegenden Arbeit die Scores jeweils mit und ohne Hauptdiagnose berechnet. Für die Zählung der Nebendiagnosen und den PCCL-Wert ist diese Unterscheidung nicht möglich.

3.6 Festlegungen für die Anwendung der Verfahren

3.6.1 Allgemeine Festlegungen

Jede Krankenhausbehandlung wird wie „*ein Patient*“ betrachtet. Eine Zusammenfassung verschiedener stationärer Aufenthalte derselben Person ist bei vollständiger Anonymisierung der Datenbasis nicht möglich. Für jeden Behandlungsfall werden die Werte aller Verfahren zur Komorbiditäts-Messung berechnet wie beschrieben. Der Zeitpunkt der Diagnoseerfassung ist die Entlassung. Es werden alle Diagnosen bewertet, wobei einzig die Differenzierung zwischen der (alleinigen) Hauptdiagnose und den zusätzlichen Nebendiagnosen getroffen wird. Eine Unterscheidung zwischen Primär- und Sekundärdiagnosen, Begleiterkrankungen und Komplikationen erfolgt nicht. Ein Ausschluss verschiedener Altersgruppen oder Diagnosekategorien wird nicht praktiziert. Nach Anwendung der Komorbiditäts-Scores entstehen für jeden Behandlungsfall als

zusätzliche Parameter die Komorbiditäts-Werte aus den unterschiedlichen Verfahren, die im Folgenden definiert werden.

3.6.2 Charlson Index

Es wird die reduzierte Zahl der 17 *Conditions* mit den Originalgewichten von Charlson in der Übertragung auf die ICD-10 von Quan [Quan et al. 2005] als die am weitesten verbreitete Version angewendet. Zwei verschiedene Varianten werden berechnet, einmal ohne und einmal mit Berücksichtigung der Hauptdiagnose. Eine *Condition* kann im einzelnen Behandlungsfall mehrfach erfüllt sein, jedoch wird zur Berechnung des Index immer nur einfach gewertet. Für jede *Condition* wird also nur einmal das Gewicht gezählt. Der Ausschluss leichter Schweregrade bei erfüllten höheren Schweregraden, wie teilweise beschrieben [Halfon et al. 2002], wird nicht angewendet.

3.6.3 Elixhauser Comorbidity Score

Es wird aus den 30 Elixhauser Comorbidities der Score nach van Walraven berechnet. Wie in der Arbeit von van Walraven wird auch der Beitrag der Hauptdiagnosen durch Ein- oder Ausschluss ermittelt. Als Basis der ICD-10-Abbildung dient auch hier die Arbeit von Quan. Diagnose-Kodes, die nach ihrer Formulierung zwei Comorbidities erfüllen können und die bei Quan auch in beiden gesetzt sind, werden entsprechend zweimal gezählt. Als Beispiel sei *F20.4 Postschizophrene Depression* genannt. Der Code erfüllt bei Quan sowohl *depression* als auch *psychoses*. Es ergeben sich für jeden Behandlungsfall zwei Werte für den Elixhauser Comorbidity Score, einen mit und einen ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnose.

3.6.4 Updated Charlson Index

Bewertet werden die 12 *Comorbidities* des Charlson Index, die nach Aktualisierung von Quan et al. 2009 als relevant identifiziert sind. Die Abbildung auf die ICD-10 aus derselben Forschergruppe von 2005 ist zugrunde gelegt. Die Präzisierung von Quan, die bei Vorliegen schwerer Formen die leichten von der Zählung ausschließt, wird angewendet. Das betrifft die *Conditions mild vs. moderate or severe liver disease, any tumor vs. metastatic tumor* und *diabetes with vs. without chronic complications*. Dieser Index wird einmal ohne und einmal mit Berücksichtigung der Hauptdiagnose errechnet.

3.6.5 Combined Comorbidity Score

Die 20 *Comorbidities* sind durch die Herkunft aus den beiden ersten Verfahren definiert. Auch dabei wird die Abbildung auf die ICD-10 von Quan zu Grunde gelegt. Erstmals können hier auch negative Score-Werte erreicht werden, weil für zwei Komorbiditäten der Wert (-1) zugeordnet ist. Es werden durch Einschluss oder Ausschluss der Hauptdiagnose zwei Ergebnisse berechnet.

3.6.6 Zählung der Nebendiagnosen

Jedem Behandlungsfall sind eine Hauptdiagnose und unterschiedlich viele Nebendiagnosen zugeordnet. Eine Unterscheidung zwischen Nebendiagnosen und Sekundärdiagnosen ist nicht getroffen. Als Wert wird hier die Anzahl der Nebendiagnosen ermittelt. Der theoretisch mögliche

Rahmen der Datenbasis von 98 Diagnosen wird von keinem Fall ausgeschöpft, so dass eine Vollerfassung gesichert ist.

3.6.7 PCCL

Der PCCL ist als ein Parameter, der im DRG-System von *Grouper* berechnet wird, in der Datenbasis enthalten. Nachdem er ebenso wie die angewendeten Scores und Verfahren eine Einteilung nach dem Gesamtschweregrad der Komorbidität darstellt, wird er in der vorliegenden Arbeit in Analogie zu den übrigen Methoden evaluiert. Sein Wertebereich sind die ganzen Zahlen von 0 bis 4. Diese Zahl geht für jeden Behandlungsfall in die weiteren Berechnungen ein.

3.6.8 Strukturmodelle der ICD-10-Systematik

Bei den Strukturmodellen, die auf der ICD-10-Systematik aufbauen, werden die Diagnosen nach ICD-10-Kodes aus den 13 Kapiteln oder aus den 42 Gruppen durchsucht, die als relevant identifiziert sind. Die Diagnosen, bei denen das Versterben bereits Teil der Definition ist (I46.1, O95, O96, O97, P95) werden vor der Auswertung aus dem Datensatz entfernt. Durch Bewertung der Gliederungsbereiche mit den Regressionskoeffizienten werden über die Formel der logistischen Regression die Komorbiditäts-Werte für jeden Behandlungsfall errechnet. Jedes Kapitel und jede Gruppe wird nur einfach gezählt. Es ergeben sich die Werte einerseits für das Verfahren mit Auswertung der 13 Kapitel, andererseits mit Auswertung der 42 Gruppen. Auch hier wird für beide Methoden zur Differenzierung einmal ohne und einmal mit Hauptdiagnose berechnet, so dass schließlich für jeden Fall vier Werte, jeweils zwei aus den beiden Strukturmodellen ermittelt sind.

Für die Strukturmodelle der ICD-10-Systematik wurden die Daten für die weiteren Analysen vom Autor zur Verfügung gestellt [Stausberg 2011a]. Der Wert der Konstanten α (vgl. 2.4.1) beträgt im Strukturmodell der ICD-10-Kapitel (-5,540392), im Strukturmodell ICD-10-Gruppen (-5,137020). Die Regressionskoeffizienten β_1 - β_m (vgl. 2.4.1) sind für beide Modelle im Anhang tabellarisch zusammengestellt (Tabelle 8 und Tabelle 9). Alle Werte werden mit der Genauigkeit von 16 Stellen in den Berechnungen verwendet.

3.6.9 Scores der ICD-10-Systematik

Nach der oben beschriebenen Methode sind aus den Strukturmodellen der ICD-10-Kapitel und -Gruppen jeweils ganzzahlige Scores entwickelt. Die Diagnosen, bei denen das Versterben Teil der Definition ist, bleiben auch hier aus dem Datensatz entfernt. Zur Ermittlung der Werte werden die ICD-Kodes für jeden Behandlungsfall nach Diagnosen der relevanten 13 Kapitel oder 42 Gruppen durchsucht. Aus den erfüllten Gliederungsbereichen werden die Score-Werte der Kapitel- und Gruppen-Systematik berechnet, wobei jedes Kapitel und jede Gruppe nur einfach gezählt wird. Auch hier wird die Differenzierung bezüglich der Berücksichtigung der Hauptdiagnose vorgenommen. Es ergeben sich jeweils vier weitere Werte für jeden Fall.

3.7 Übersicht der Verfahren

In der vorliegenden Arbeit sind für jeden Behandlungsfall aus der Datenbasis die Komorbiditäts-Werte nach den bereits beschriebenen Verfahren ermittelt. Die folgende Übersicht stellt die Methoden und Beschreibungen knapp zusammen.

Charlson Index [Charlson et al. 1987]
 17 Komorbiditäten, Original-Gewichte von Charlson et al.
 ICD-10 Abbildung von Quan et al. [Quan et al. 2005]
 Berechnung mit und ohne Hauptdiagnose

Elixhauser Comorbidity Score [Walraven et al. 2009]
 21 Komorbiditäten, Gewichte von van Walraven et al.
 ICD-10 Abbildung von Quan et al.
 Berechnung mit und ohne Hauptdiagnose

Updated Charlson Index [Quan et al. 2011]
 12 Komorbiditäten, Gewichte von Quan et al.
 ICD-10 Abbildung von Quan et al.
 Berechnung mit und ohne Hauptdiagnose

Combined Comorbidity Score [Gagne et al. 2011]
 20 Komorbiditäten, Gewichte von Gagne et al.
 ICD-10 Abbildung von Quan et al.
 Berechnung mit und ohne Hauptdiagnose

Zählung der Nebendiagnosen

PCCL (*patient clinical complexity level*)

Strukturmodell ICD-10-Kapitel [Stausberg 2011a]
 13 ICD-10-Kapitel
 Berechnung mit und ohne Hauptdiagnose

Strukturmodell ICD-10-Gruppen [Stausberg 2011a]
 42 ICD-10-Gruppen
 Berechnung mit und ohne Hauptdiagnose

Score ICD-10-Kapitel
 13 ICD-10-Kapitel
 Berechnung mit und ohne Hauptdiagnose

Score ICD-10-Gruppen
 42 ICD-10-Gruppen
 Berechnung mit und ohne Hauptdiagnose

3.8 Festlegungen für die statistischen Berechnungen

Für die Berechnung der ROC jedes Verfahrens wird als abhängige Variable stets *Tod im Krankenhaus* gewählt, die über den Entlassungsgrund (Versterben = 079) identifiziert ist. Als unabhängige Variable wird der Wert des jeweiligen Komorbiditäts-Scores gesetzt. Ko-Variablen wie Alter oder Geschlecht werden nicht berücksichtigt. Eine Einschränkung der Population beispielsweise durch Ausschluss bestimmter Altersgruppen ist nicht erfolgt. Für die verschiedenen Verfahren werden die ROC-Kurven mit den AUC-Werten als Maß für die Diskriminationsfähigkeit berechnet. Die Korrelationen zwischen den Verfahren werden untersucht, indem die Korrelationskoeffizienten nach Spearman ermittelt werden. Das Signifikanzniveau wird durchgehend mit $p \leq 0,05$ festgelegt. Die Konfidenzintervalle werden auf dem 95 %-Niveau angegeben.

3.9 Software

Zur Datenhaltung kommt Microsoft Access 2010 zur Anwendung. Einfache Berechnungen und die graphischen Darstellungen der Ergebnisse werden mit Microsoft Excel 2010 durchgeführt. Komplexe statistische Berechnungen erfolgen mit IBM SPSS Statistics 21.

4. Ergebnisse

4.1 Studienpopulation

Die Datenbasis mit 435.076 Behandlungsfällen wird bezüglich verschiedener Parameter betrachtet: Das durchschnittliche Alter liegt bei 55,3 Jahren, der Median bei 61,0 Jahren, die Standardabweichung 25,1 Jahre. Die Werte reichen von 0 bis 108 Jahre. 232.514 Patienten sind weiblich, das entspricht 54,1 %. Zur Verteilung ist festzustellen, dass der stärkste Jahrgang der unter 1-Jährigen ist: Für das Alter 0 Jahre sind 18.867 Fälle erfasst, ein weiterer Gipfel liegt bei 70 Jahren mit 9.853 Fällen.

Es sind 9.973 Patienten im Krankenhaus verstorben, das ist ein Anteil von 2,29 %. Das mittlere Alter liegt bei 76,2 Jahren, der Median bei 79,0 Jahren, die Standardabweichung 13,2 Jahre. Der Gipfel der Altersverteilung liegt mit 416 Fällen bei 83 Jahren. Ein Peak bei 0 Jahren zeigt 36 Fälle. Über dem 40. Lebensjahr wird die Anzahl durchgehend zweistellig, über dem 60. Lebensjahr dreistellig, über dem 93. Jahr wieder zweistellig und zuletzt über 100 Jahren wieder einstellig.

Die mittlere Verweildauer im Krankenhaus der Gesamtpopulation liegt bei 6,36 Tagen, der Median ist bei 4,00 Tagen. Der kürzeste Aufenthalt dauert einen Tag, der längste erstreckt sich über 281 Tage. Nach einem Tag ist bei 18,36 % die Behandlung beendet (entlassen, verlegt oder verstorben), bis zum 4. Tag bei 52,7 %, bis zum 8. Tag bei 77,1 %. Am 40. Tag sind nur noch 0,6 % in stationärer Behandlung.

Die mittlere Verweildauer bei den Verstorbenen liegt bei 9,48 Tagen, der Median ist bei 6,00 Tagen. Der kürzeste Aufenthalt ist ein Tag, der längste dauert 157 Tage. Nach einem Tag sind von den insgesamt Versterbenden 23,0 % verstorben, bis zum 4. Tag 43,8 %, bis zum 8. Tag 62,4 %. Am 40. Tag leben noch 2,4 % dieses Kollektivs.

4.2 Komorbiditäts-Scores

4.2.1 Charlson Index

Die Auswertung aller Diagnosen für die Conditions des Charlson Index ergibt 315.763 Treffer ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnosen, das entspricht einem Anteil von 12,95 % der erfassten Diagnosen. Unter Einschluss der Hauptdiagnosen werden 396.045 Treffer erzielt, was 16,24 % entspricht.

Weil jede Condition nur einfach in die Berechnung einfließt, auch wenn sie im einzelnen Behandlungsfall mehrfach erfüllt sein kann, werden die „gezählten“ Conditions ermittelt. Bei dieser aussagekräftigeren Betrachtung verbleiben 278.868 Conditions, also 11,43 % der Datenbasis ohne Bewertung der Hauptdiagnose und 342.168 Conditions, entsprechend 14,03 % bei Einschluss der HD (siehe Anhang, Tabelle 10).

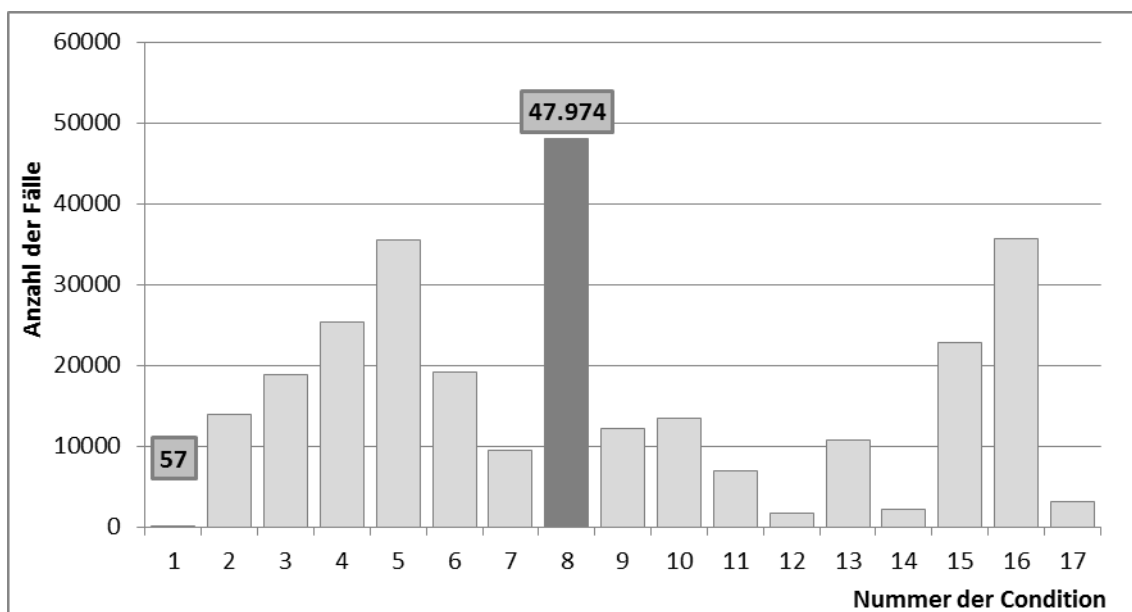


Abbildung 5: Verteilung der Charlson Conditions
 ohne HD; Minimum und Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert
 Benennungen der Conditions: siehe Anhang Tabelle 10

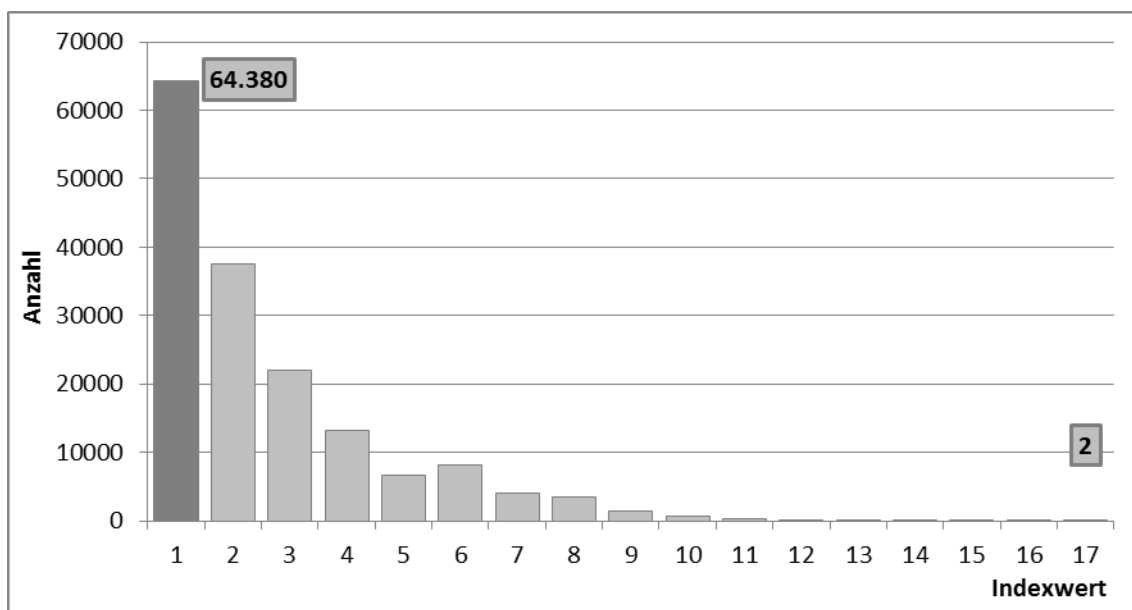


Abbildung 6: Verteilung der Werte des Charlson Index
 ohne HD; Minimum und Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert (vgl. Anhang Tabelle 11)

Die 17 Conditions sind in ihrer Stärke deutlich unterschiedlich vertreten. Während *AIDS/ HIV* insgesamt nur 65 Mal vertreten ist, davon 8 Mal als HD, werden für *Diabetes without chronic complication* 47.974 Nennungen verzeichnet (ohne HD; siehe Abbildung 5).

Nach Berechnung des Charlson Index ist sein Wertebereich von 0 bis 17 ohne Hauptdiagnose (18 mit HD) festzustellen. Für 273.002 Fälle ist der Wert Null zu verzeichnen, also erreichen 162.074 Fälle einen positiven Wert im Index, das ergibt einen Anteil von 37,25 %. Davon ist der Wert 1 mit 64.380 Fällen am stärksten vertreten, bereits der Index-Wert 2 ist nur noch etwas mehr als halb so stark mit

37.588 Nennungen. Die Werte (0, 1, 2) bilden bereits 86,2 % aller Fälle ab, bis zum Wert 8 sind 99,4 % eingeschlossen (siehe Abbildung 6, Anhang Tabelle 11). Aus der ROC-Kurve ist ein AUC-Wert von 0,764 (95%-KI: 0,759; 0,769) ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnose und 0,792 (95%-KI: 0,788; 0,797) mit HD zu ermitteln.

4.2.2 Elixhauser Comorbidity Score

Zur Berechnung des Scores sind 21 Comorbidities erforderlich. In der Datenbasis sind hieraus 414.321 Diagnosen (ohne HD) enthalten, das entspricht einem Anteil von 16,99 %. Mit Berücksichtigung der HD werden 496.849, also bei 20,37 %, Übereinstimmungen gefunden. Nach Reduktion um die mehrfach erfüllten Comorbidities, also nach Reduktion auf die gewerteten Comorbidities verbleiben 363.924 oder 14,92 % Treffer ohne HD. Mit den Hauptdiagnosen sind 428.606 Comorbidities erfüllt, entsprechend 17,57 %.

Die Häufigkeit der Comorbidities ist stark variabel: Am häufigsten wird ohne HD der Bereich *Fluid and electrolyte disorders* mit 54.505 Treffern erfüllt, die Gruppe *Lymphoma* ist am seltensten mit 917 Übereinstimmungen zu finden (siehe Abbildung 7, Anhang Tabelle 12).

Die Werte des berechneten Elixhauser Comorbidity Score liegen im Bereich von (-16) bis 54. Für 244.757 Fälle (ohne HD) ergibt sich ein Wert von Null, der auf verschiedene Weisen erreicht werden kann: durch Summierung negativer und positiver Werte, durch fehlende Treffer in den Nebendiagnosen oder dadurch, dass keine Nebendiagnosen dokumentiert sind (59.040 Fälle). Somit ist ein positiver oder negativer Score-Wert 190.319 mal ohne HD gegeben, also bei 43,7 % der Fälle; mit HD wird bei 214.609 Fällen der Score verschieden von Null errechnet, also in 49,33 % der Fälle.

Der am häufigsten errechnete Wert ist 5, er ist bei 36.706 Fällen ohne HD und bei 36.722 Fällen mit HD erreicht. Der Schwerpunkt liegt im Bereich von (-7) bis 23, hierin sind (ohne HD) bereits 185.041 oder 97,2 % der von Null verschiedenen Ergebnisse enthalten. Deshalb ist zur graphischen Darstellung dieser Bereich ausgewählt (siehe Abbildung 8, Anhang Tabelle 13). Die AUC-Werte von 0,815 (95%-KI: 0,810; 0,819) ohne HD und von 0,829 (95%-KI: 0,825; 0,833) mit HD können aus der ROC-Kurve ermittelt werden.

4.2.3 Updated Charlson Index

Der Updated Charlson Index stellt durch Null-Wertung von fünf Conditions faktisch eine Verkleinerung gegenüber dem Charlson Index dar. Festzustellen ist, dass der Ausschluss leichter Conditions bei Vorliegen einer schwereren Form keine Änderung der Ergebnisse gegenüber dem Charlson-Original ergibt. In der Datenbasis aus 2.439.010 Diagnosen werden 205.036 Conditions ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnose ermittelt, was einem Anteil von 8,41 % entspricht (258.997, 10,62 % mit HD). Nach Reduktion der mehrfach erfüllten Conditions auf einfache Zählung verbleiben 178.308 ohne HD, was einem Anteil von 7,23 % entspricht (218.839, 8,97 % mit HD).

Beim Vergleich zum Charlson Index ist festzustellen, dass die Condition *Diabetes without chronic complication*, die mit 47.974 Nennungen die häufigste Komorbidität im Charlson Index ist, jetzt nicht mehr berücksichtigt wird. Die fünf entfallenen Conditions erreichen

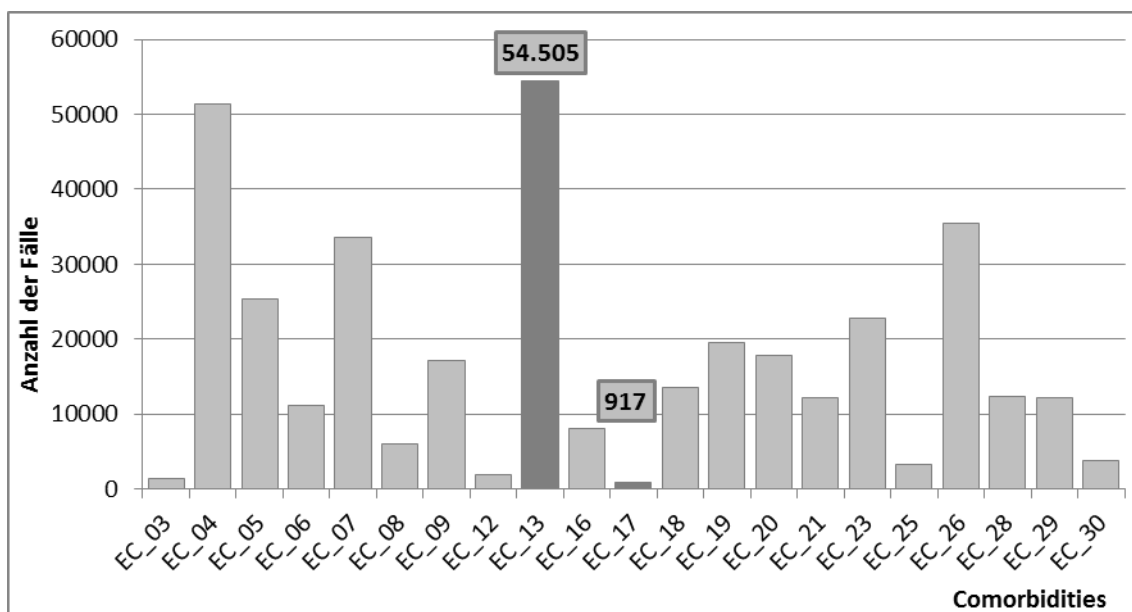


Abbildung 7: Verteilung der gewerteten Elixhauser Comorbidities ohne HD; Minimum und Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert
 Benennungen der Comorbidities: siehe Anhang Tabelle 12

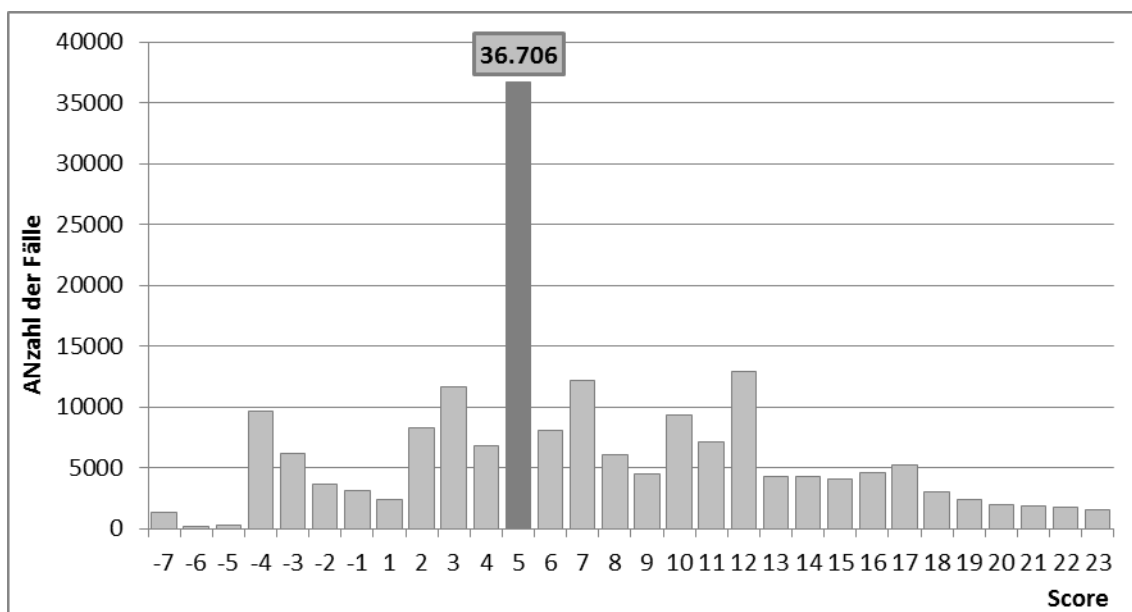


Abbildung 8: Verteilung der Werte des Elixhauser Comorbidity Score ohne HD; Ausschnitt; Null nicht dargestellt; Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert
 (vgl. Anhang Tabelle 13)

insgesamt eine Anzahl von 102.560. Von den verbleibenden Conditions sind (ohne HD) mit den höchsten Anzahlen fast gleichstark Congestive Heart Failure (n=35.547) und Renal Disease (35.606) vertreten, am seltensten bestätigt wird wieder AIDS/ HIV mit 57 Nennungen (siehe Abbildung 9, Anhang Tabelle 14).

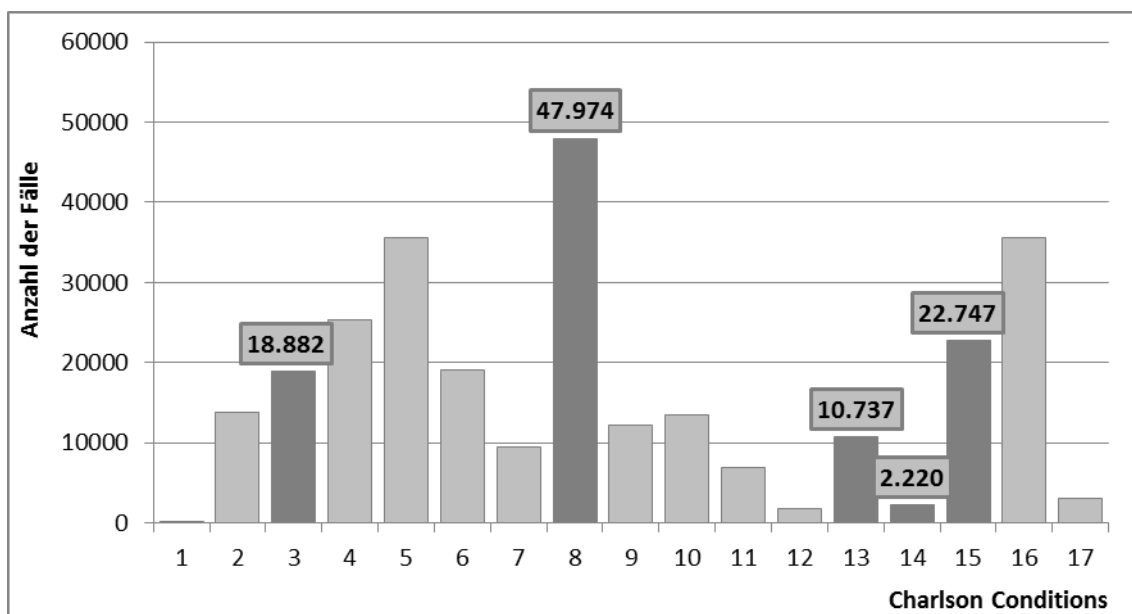


Abbildung 9: Verteilung der Conditions im Charlson Index und im Updated Charlson Index ohne HD; Conditions, die im Update entfallen: hervorgehoben, mit Zahlenwert
Benennungen der Conditions: siehe Anhang Tabelle 10 (vgl. auch Anhang Tabelle 14)

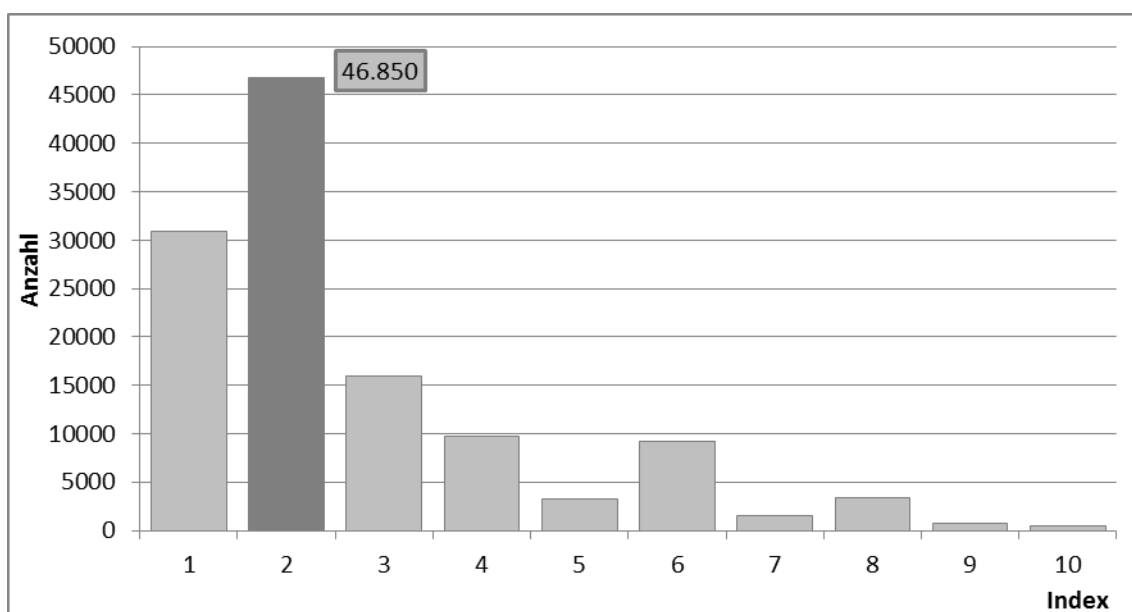


Abbildung 10: Verteilung der Werte des Updated Charlson Index ohne HD; Ausschnitt; Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert (vgl. Anhang Tabelle 15)

Der Wertebereich des Updated Charlson Index reicht von (0) bis 19. Einen Wert über Null erreichen (ohne Hauptdiagnose) 122.508 Fälle, was anteilig 28,16 % vom Gesamtbestand sind (mit HD: 143.632, 33,01 %). Der Bereich von 1 bis 10 umfasst 99,8 % der Werte über Null, so dass zur graphischen Darstellung dieser Ausschnitt gewählt ist. Am häufigsten wird der Wert 2 mit 46.850

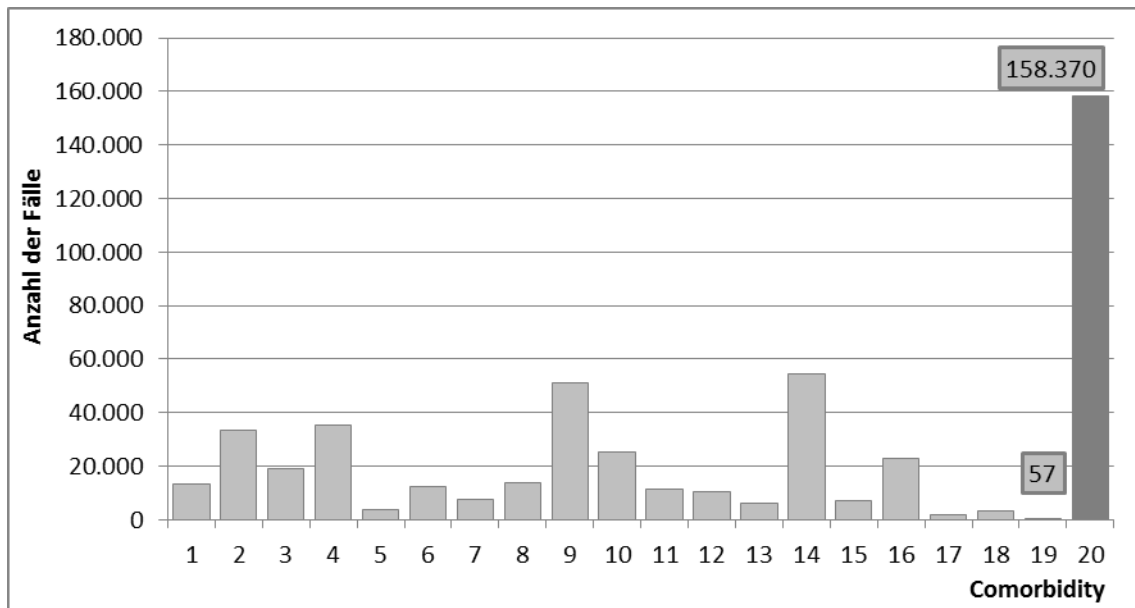


Abbildung 11: Verteilung der Comorbidities des Combined Comorbidity Score ohne HD; Minimum und Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert
Benennungen der Comorbidities: siehe Anhang Tabelle 16

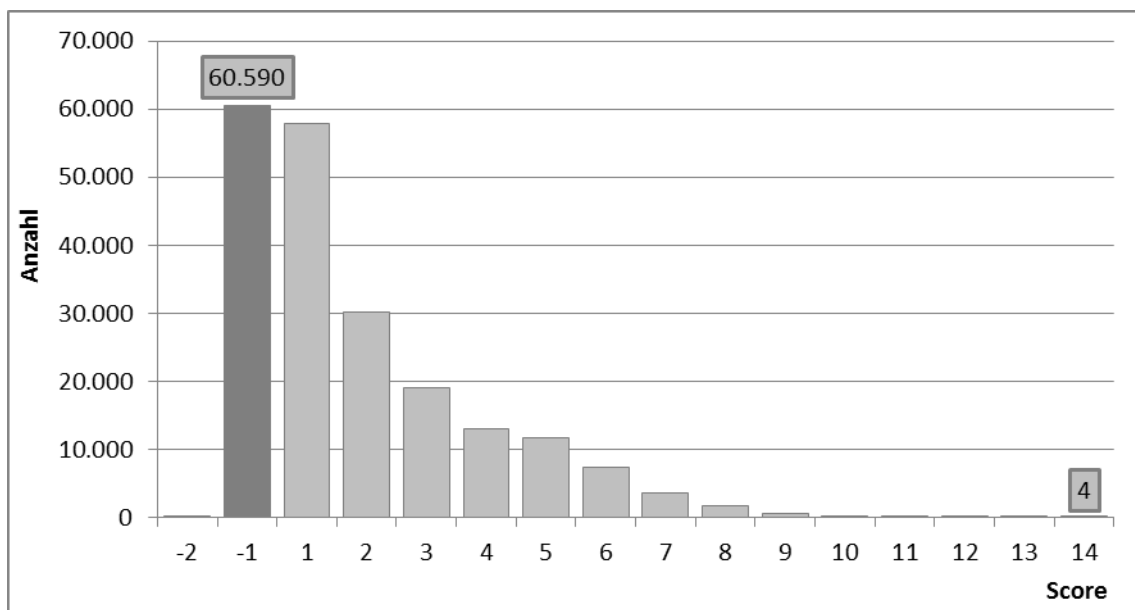


Abbildung 12: Verteilung der Werte des Combined Comorbidity Score ohne HD; ohne Null; Minimum und Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert
(vgl. Anhang Tabelle 17)

Fällen erreicht. Die Werte 1 und 2 bilden mit 77.758 Fällen bereits 63,5 % der Ergebnisse ungleich Null (siehe Abbildung 10, Anhang Tabelle 15). Aus den ROC-Kurven kann der AUC-Wert von 0,755 (95%-KI: 0,750; 0,760) ohne HD und von 0,779 (95%-KI: 0,774; 0,784) mit HD bestimmt werden.

4.2.4 Combined Comorbidity Score

Von allen 2.439.010 Diagnosen können ohne Hauptdiagnosen 545.848, also 22,38 % dem Combined Score Comorbidities zugeordnet werden. Bei Einschluss der Hauptdiagnosen ergeben sich 635.569, oder 26,06 % Treffer. Nach Reduktion der mehrfach erfüllten Comorbidities auf einfache Zählung verbleiben ohne HD 491.514, oder 20,15 % Übereinstimmungen, mit HD 562.863, oder 23,08 %.

Am seltensten ist wieder AIDS/ HIV mit 57 Nennungen (ohne HD), während die Comorbidity *hypertension* aus den Elixhauser Comorbidities mit 158.514 die größte Gruppe darstellt. Es sei angemerkt, dass diese Comorbidity nicht in der Berechnung des Elixhauser Comorbidity Score enthalten ist, der nur 21 der 30 Comorbidities umfasst, so dass sie deshalb hier erstmals in dieser Arbeit zu Tage tritt (siehe Abbildung 11, Anhang Tabelle 16).

Der Wertebereich der Combined Score reicht von (-2) bis 14. Ohne Berücksichtigung der HD ist der am häufigsten erreichte Wert (-1) mit 60.590 Fällen, mit HD ist der Wert 1 mit 67.919 Fällen am stärksten vertreten. Im Wertebereich von (-1) bis 5 sind ohne HD 93,30 % und mit HD 90,63 % der von Null unterschiedlichen Werte enthalten (siehe Abbildung 12, Anhang Tabelle 17). Aus der ROC-Kurve ist der AUC-Werte von 0,812 (95%-KI: 0,807; 0,816) ohne HD und 0,826 (95%-KI: 0,822; 0,830) mit HD zu ermitteln.

4.2.5 Zählung der Nebendiagnosen

Es sind 2.003.934 Nebendiagnosen im Datensatz enthalten. Im Mittel sind 4,6059 ND pro Fall aufgeführt. Am häufigsten ist in 61.654 Fällen nur *eine* Nebendiagnose angegeben. Ein Maximalwert von 65 ND wird einmal erreicht, der theoretisch mögliche Umfang von 98 ist in keinem Fall gegeben. Bei 59.040 Fällen ist nur die Hauptdiagnose alleine dokumentiert. Im Bereich von 0 bis 6 sind bereits 74,91 % aller Fälle erfasst (siehe Abbildung 13, Anhang Tabelle 18). Die ROC-Kurve zeigt einen AUC-Wert von 0,805 (95%-KI: 0,800; 0,809).

4.2.6 PCCL

Für 248.813 Fälle ist vom Grouper ein PCCL von „0“ ermittelt worden, die verbleibenden 186.263 Fälle stellen einen Anteil von 42,81 % dar. Am häufigsten ist der Wert „3“ mit 70.463 Fällen vertreten. Der Wert „1“ ist nur 6.087 Mal angegeben. Auffällig ist, dass die Werte „2“ und „4“ annähernd gleich groß sind mit 54.407 und 54.306 Nennungen (siehe Abbildung 14). Insgesamt errechnet sich für den PCCL ein Mittelwert von 1,249, die Standardabweichung beträgt 1,552. Die ROC-Kurve ergibt für den AUC-Wert 0,858 (95%-KI: 0,855; 0,862).

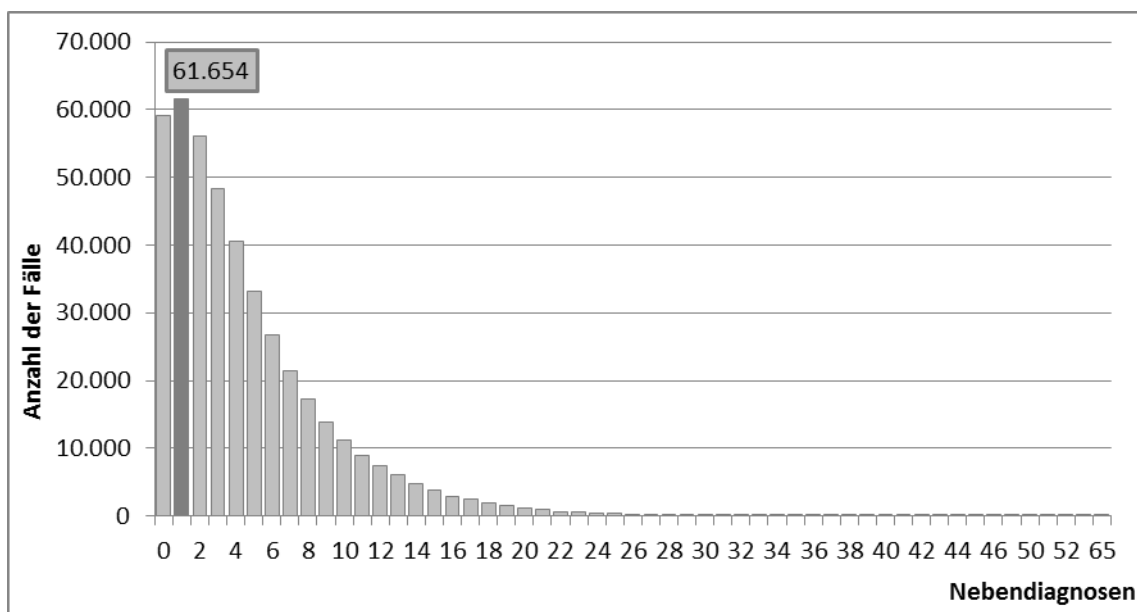


Abbildung 13: Verteilung der Anzahl der Nebendiagnosen
Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert (vgl. Anhang Tabelle 18)

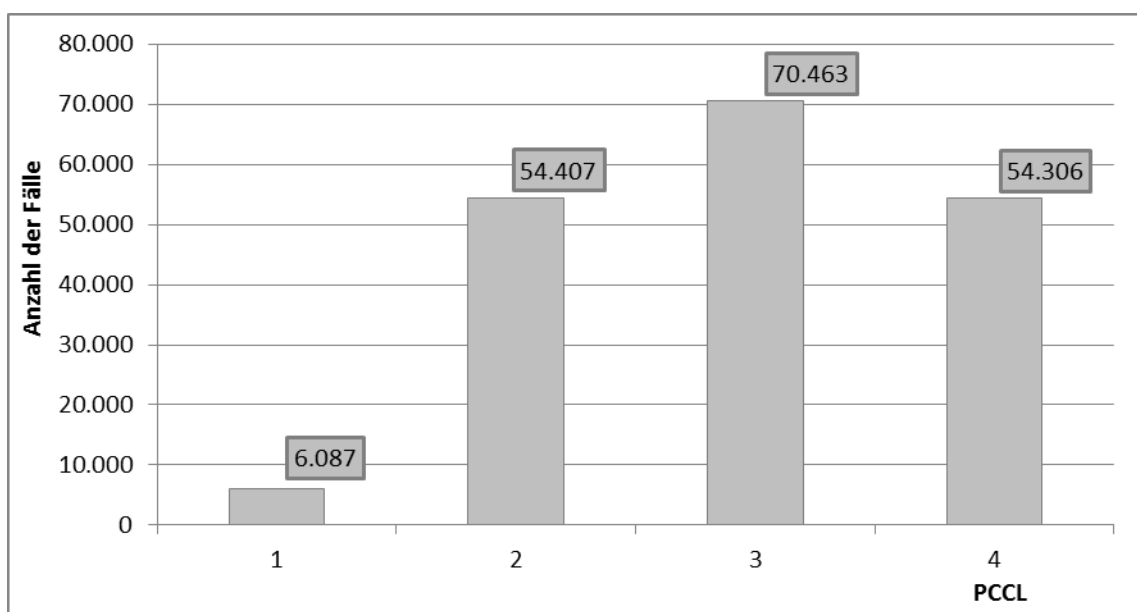


Abbildung 14: Verteilung der PCCL-Werte

4.2.7 Strukturmodell ICD-10-Kapitel

Die fünf Diagnosen, bei denen das Versterben Teil der Information ist, zeigen sich in folgender

| | | |
|---------|---------------|------------------|
| Anzahl: | I46.1 | 178 Nennungen, |
| | O95, O96, O97 | keine Nennungen, |
| | P95 | 9 Nennungen. |

Die Diagnosen werden aus der Datenbasis entfernt und mit dem so um 187 Diagnosen reduzierten Datensatz für alle Strukturmodelle und deren Scores weitergearbeitet.

Von allen Diagnosen sind 1.552.016 ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnosen den relevanten Kapiteln zuzuordnen, wenn die HD eingeschlossen wird, können sogar 1.937.864 diesen Kapiteln zugeordnet werden. Diese Zahlen bedeuten einen Anteil von 63,63 % ohne HD bzw. 79,45 % mit HD. Nach Reduktion, so dass je Fall jedes Kapitel nur einfach gezählt wird, verbleiben ohne HD 1.1011.459 Fälle, oder 41,47 %, mit Bewertung der HD 1.203.820, oder 49,36 %.

Die im Verfahren berücksichtigten Kapitel werden bezüglich der Häufigkeit ihrer Zählung, also nach oben genannter Reduktion, betrachtet. Es zeigen sich deutliche Unterschiede. Die wenigsten Kriterien sind für das Kapitel 16 *Bestimmte Zustände, die ihren Ursprung in der Perinatalperiode haben* festzustellen. Hierzu sind ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnosen 2.663 Einträge zu finden. Dem gegenüber ergibt die Auswertung für das Kapitel IX *Krankheiten des Kreislaufsystems* 198.963 Nennungen (ohne HD). Die graphische Darstellung zeigt Abbildung 15, die Daten sind in Tabelle 20 im Anhang zusammengestellt.

Die berechneten Komorbiditäts-Werte liegen zwischen 0,0001757 und 0,7956 mit dem Mittelwert bei 0,02416 und einer Standardabweichung von 0,05272. Bei dieser Methode wird jedem Fall ein Wert zugeordnet, Null wird nicht erreicht. Die ROC-Kurve zeigt einen AUC-Wert von 0,853 (95%-KI: 0,850; 0,857) ohne HD und 0,856 (95%-KI: 0,852; 0,859) mit HD.

4.2.8 Strukturmodell ICD-10-Gruppen

Ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnose werden 877.469 Diagnosen gefunden, die den relevanten Gruppen zugeordnet werden können, mit HD sind es 1.089.800 Nennungen. Das entspricht einem Anteil von 35,98 % ohne und 44,7 % mit HD. Nach Reduzierung, so dass jede Gruppe pro Fall nur einfach gezählt wird, ergeben sich ohne HD 782.174 Treffer, entsprechend 32,07 %, mit HD sind es 930.824 oder 38,16 %.

Es zeigen sich deutliche Unterschiede bezüglich der Häufigkeiten. Die Gruppe Q35 *Lippen-, Kiefer- und Gaumenspalte* ist bei einfacher Zählung nur mit 29 Fällen vertreten (ohne Hauptdiagnosen), während die häufigste Erfassung für die Gruppe I10 *Hypertonie* mit 158.543 Fällen (ohne HD) festzustellen ist. Die Verteilung ist graphisch dargestellt in Abbildung 16, die tabellarische Aufstellung ist im Anhang beigefügt, Tabelle 21.

Die errechneten Komorbiditäts-Werte liegen zwischen 0 (gerundet) und 0,9966, die Grenzen von 0 und 1 können nicht erreicht werden. Der Mittelwert liegt in der Berechnung ohne HD bei 0,02410 (StAbw 0,07683), mit HD bei 0,02848 (StAbw 0,08650). Die ROC-Kurve begrenzt den AUC-Wert von 0,894 (95%-KI: 0,891; 0,897) ohne HD und von 0,910 (95%-KI: 0,907; 0,913) mit HD.

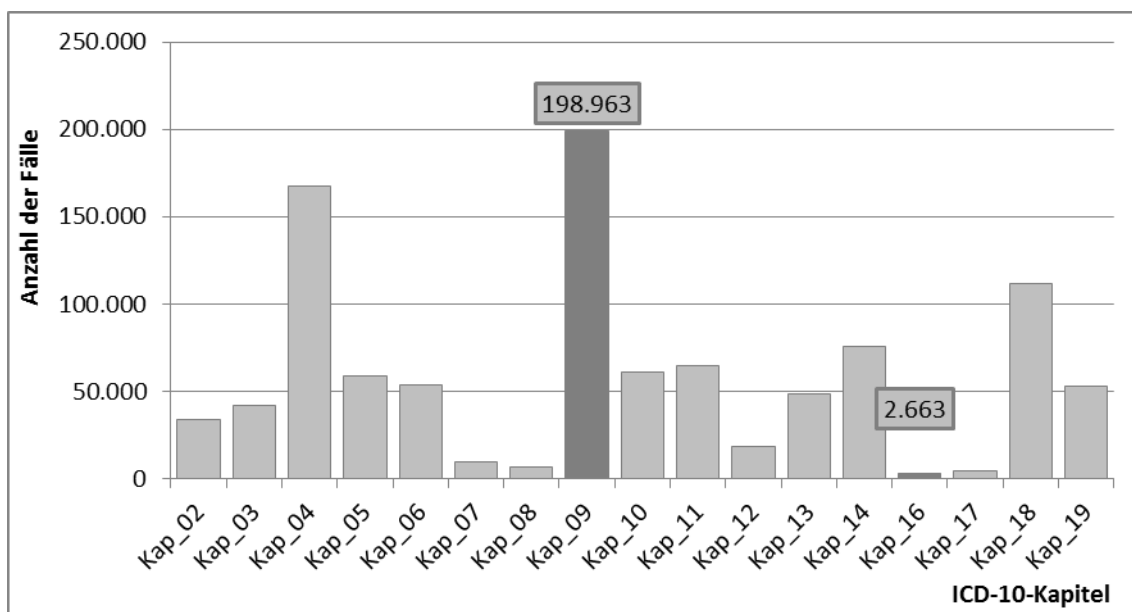


Abbildung 15: Verteilung Diagnosen auf die relevanten ICD-10-Kapitel ohne HD; Minimum und Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert
Benennungen der Kapitel: siehe Anhang Tabelle 19 (vgl. auch Anhang Tabelle 20)

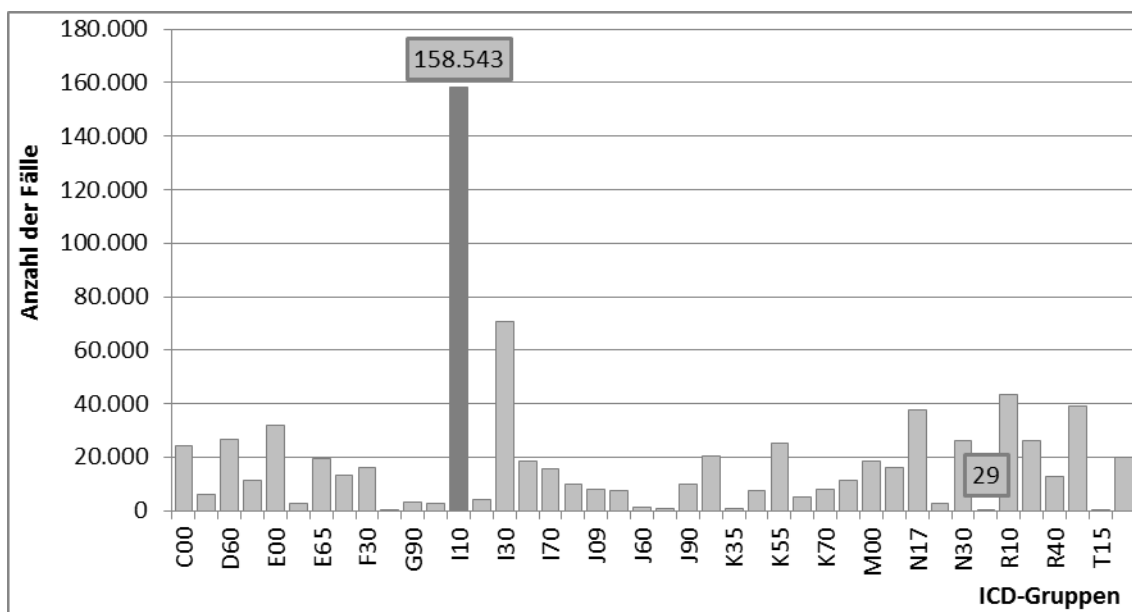


Abbildung 16: Verteilung der Diagnosen auf die relevanten ICD-Gruppen ohne HD; Minimum und Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert (vgl. Anhang Tabelle 21)

4.2.9 Score ICD-10-Kapitel

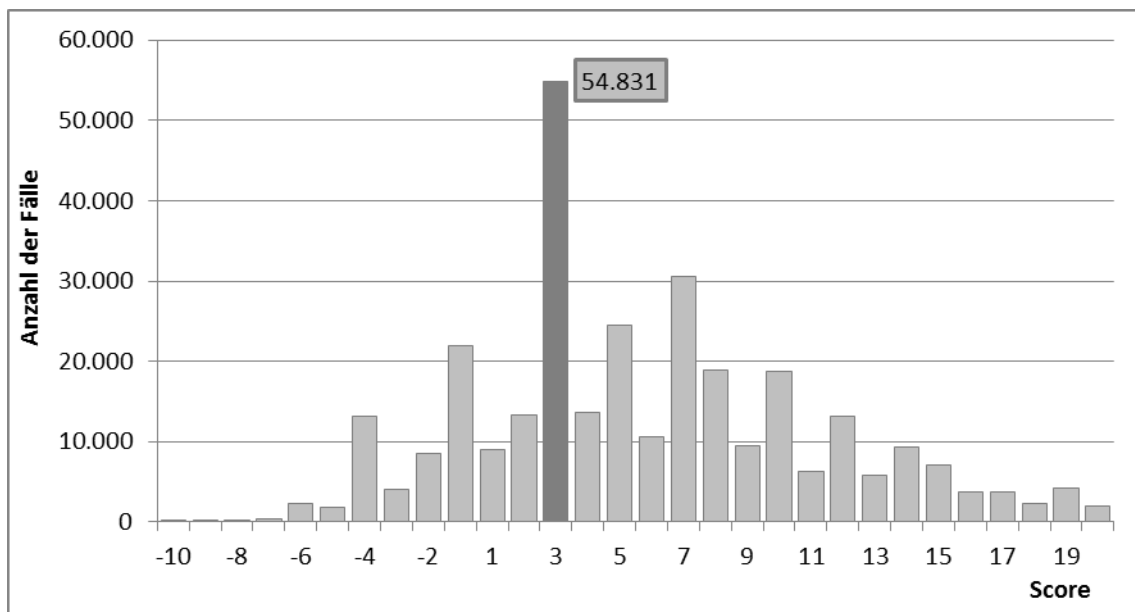
Die Verteilung der Kapitel ist identisch zu oben beschriebenem Strukturmodell ICD-10-Kapitel, weil der Score auf dieses Verfahren aufsetzt.

Der Wertebereich des Scores reicht von (-14) bis 32. Der Wert *Null* ist ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnosen in 116.108 Fällen errechnet, bei Berücksichtigung der HD ist er deutlich weniger häufig mit 59.695 Nennungen. Somit ergibt sich ohne HD für 318.968 oder 73,31 % der Fälle ein von Null verschiedener Score-Wert, mit HD sind es 375.381 Fälle oder 86,28 %. Der am häufigsten errechnete Wert ist 3 mit 54.831 Fällen ohne HD und 43.675 mit HD. Im Bereich von (-10) bis 20 sind für beide Varianten über 98 % der von Null verschiedenen Score-Werte umschlossen, so dass zu graphischen Darstellung dieser Bereich ausgewählt wurde (siehe Abbildung 17, Abbildung 18, Anhang Tabelle 22). Die ROC-Kurve ergibt einen AUC-Wert von 0,854 (95%-KI: 0,850; 0,857) ohne HD und von 0,856 (95%-KI: 0,852; 0,859) mit HD.

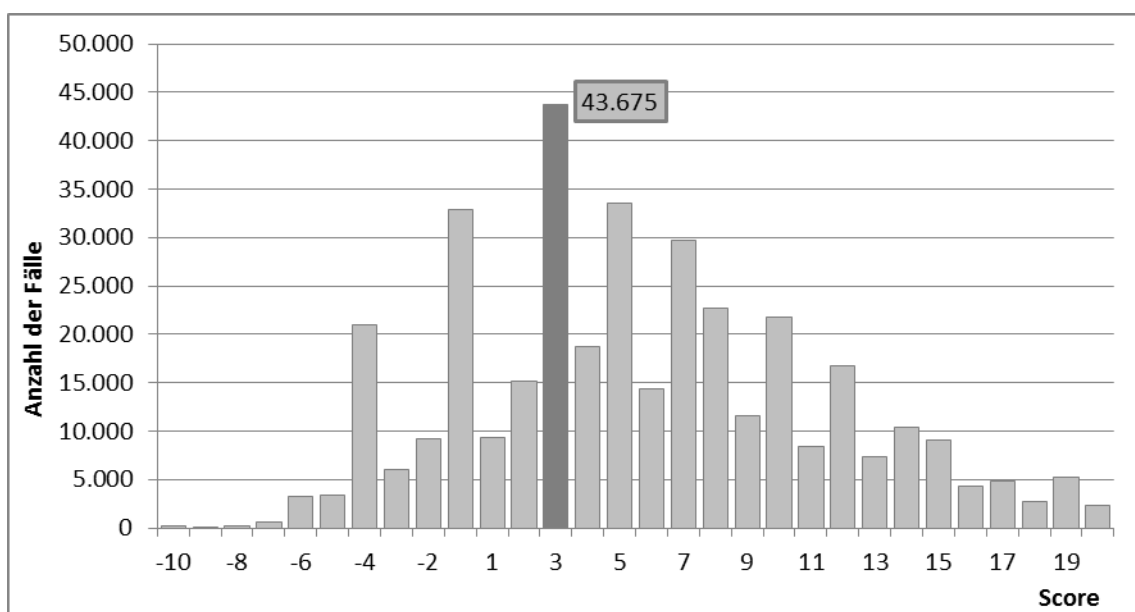
4.2.10 Score ICD-10-Gruppen

Zur Darstellung der Verteilung der Gruppen wird auf das oben beschriebene Strukturmodell ICD-10-Gruppen verwiesen, weil der Score aus diesem abgeleitet ist.

Der Wertebereich dieses Scores reicht von (-142) bis 30. Der Wert *Null* wird ohne HD in 156.137 Fällen und mit HD noch 111.346 Mal errechnet. Somit können 278.939 Fällen ohne HD und 323.730 Fällen mit HD Werte von *Null* verschieden zugeordnet werden, das entspricht einem Anteil von 64,11 % bzw. 74,41 %. Auch hier ist im Wertebereich von (-10) bis 20 ein Großteil der von Null verschiedenen Werte erfasst, ohne HD sind es 99,50 %, mit HD sind es 98,62 %, so dass erneut dieser Ausschnitt zur graphischen Darstellung gewählt wird. Der am häufigsten errechnete Wert (ohne Null) ist (-2) mit 54.405 Treffern ohne HD und 46.728 mit HD (siehe Abbildung 19, Abbildung 20, Anhang Tabelle 23). Aus der ROC-Kurve ist ein AUC-Wert von 0,890 (95%-KI: 0,887; 0,894) ohne HD und 0,908 (95%-KI: 0,905; 0,911) mit HD zu ermitteln.



**Abbildung 17: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Kapitel ohne HD
Ausschnitt; ohne Null; Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert (vgl. Anhang Tabelle 22)**



**Abbildung 18: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Kapitel mit HD
Ausschnitt; ohne Null; Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert
(vgl. Anhang Tabelle 22)**

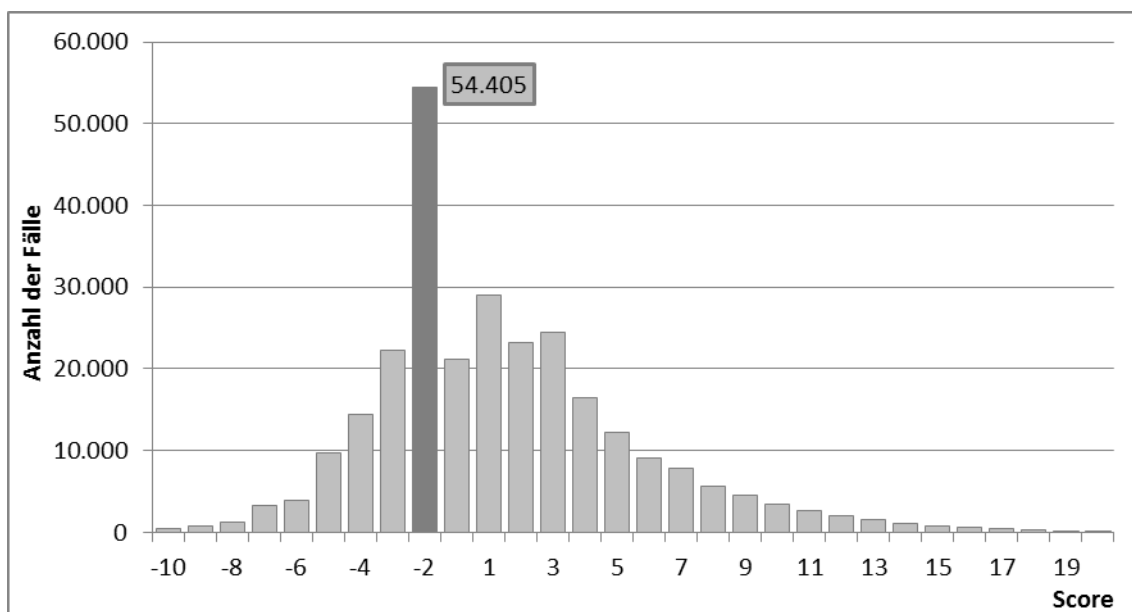


Abbildung 19: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Gruppen ohne HD
Ausschnitt; ohne Null; Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert (vgl. Anhang Tabelle 23)

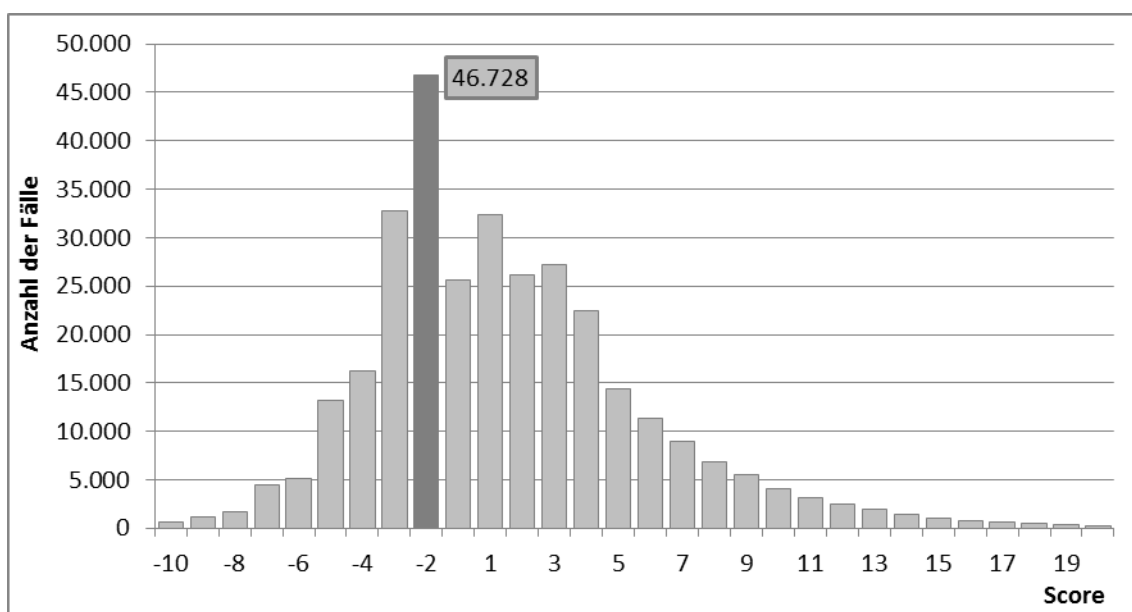


Abbildung 20: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Gruppen mit HD
Ausschnitt; ohne Null; Maximum hervorgehoben, mit Zahlenwert (vgl. Anhang Tabelle 23)

4.3 Korrelationen

Zur Analyse der Übereinstimmung wird die Korrelation untersucht. Die Verfahren sind zweiseitig gegenübergestellt und daraus wird jeweils der Korrelationskoeffizient nach Spearman errechnet. In der ersten Zusammenstellung sind alle Verfahren dargestellt. Von den Verfahren, bei denen eine Differenzierung nach Berücksichtigung der Hauptdiagnose getroffen wurde, ist das ohne HD gewählt. Allgemein ist festzustellen, dass die Korrelationen zwischen Verfahren, die voneinander unabhängig sind, niedrig sind. So liegen die Korrelationskoeffizienten für den patientenbezogenen Gesamtschweregrad PCCL, der vom DRG-Grouper durch einen eigenen Algorithmus bestimmt wird, zu allen anderen Verfahren zwischen 0,443 und 0,672. Die Zählung der Nebendiagnosen liegt teilweise noch niedriger mit Werten zwischen 0,256 und 0,672, wobei der höchste Wert zum PCCL erreicht wird. Der Charlson Index korreliert am höchsten mit seiner Updated Version, hier wird ein Wert von 0,876 erreicht. Zum Elixhauser Score, der sich in Anzahl und Auswahl der Diagnosen doch wesentlich unterscheidet, besteht noch Korrelation mit 0,711. Zum Combined Comorbidity Score, bei dem sieben der 20 Comorbidities aus dem Charlson Index stammen, wird noch ein Wert von 0,659 ermittelt. Der Elixhauser Score zeigt die größte Übereinstimmung mit 0,762 zum Combined Comorbidity Score, zu dem er 13 Comorbidities beigesteuert hat. Die Strukturmodelle der ICD-10-Kapitel und –Gruppen zeigen zu den internationalen Scores nur niedrige Korrelationen: die Koeffizienten nach Spearman liegen zwischen 0,394 und höchstens 0,586. Auch die Scores der ICD-10-Systematik verhalten sich gegenüber den internationalen Scores übereinstimmend, die Werte liegen zwischen 0,397 und 0,601. Festzustellen ist auch, dass bei den Strukturmodellen zwischen der Kapitel- und Gruppen-Auswertung nur eine geringe Korrelation mit 0,480 vorliegt. Ebenso verhält es sich mit 0,449 zwischen den Kapitel- und Gruppen Scores. Die Korrelation zwischen dem Strukturmodell und dem daraus entwickelten Score ist mit 0,990 und 0,999 (erwartungsgemäß) sehr hoch (siehe Tabelle 1).

In einer zweiten Darstellung sind die Verfahren gegenübergestellt, bei denen eine Variante mit Berücksichtigung der Hauptdiagnose berechnet wurde. Die Verhältnisse der Verfahren zueinander zeigen keine Abweichungen zu den oben beschriebenen Ergebnissen, die Zahlenwerte sind der Tabelle zu entnehmen (siehe Tabelle 2).

In einer weiteren Darstellung wird die Korrelation betrachtet zwischen Verfahren, die mit und ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnose untersucht sind. Für die internationalen Verfahren zeigen sich hohe Werte von 0,910 bis 0,933. Bei den Strukturmodellen und Scores der ICD-10-Systematik liegen die Korrelationskoeffizienten gering niedriger mit 0,850 bis 0,881 (siehe Tabelle 3).

Tabelle 1: Korrelationen zwischen Verfahren ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnose
Korrelationskoeffizienten nach Spearman

| | Charlson Index | Elixhauser Score | Updated Charlson Index | Combined Comorbidity Score | Anzahl Nebendiagnosen | PCCL | Strukturmodell ICD-10-Kapitel | Strukturmodell ICD-10-Gruppen | Score ICD-10-Kapitel | Score ICD-10-Gruppen |
|----|---|------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 1,000 | 0,711 | 0,876 | 0,659 | 0,639 | 0,592 | 0,556 | 0,434 | 0,561 | 0,418 |
| 2 | | 1,000 | 0,741 | 0,762 | 0,565 | 0,596 | 0,544 | 0,555 | 0,547 | 0,548 |
| 3 | | | 1,000 | 0,753 | 0,565 | 0,590 | 0,531 | 0,475 | 0,536 | 0,468 |
| 4 | | | | 1,000 | 0,448 | 0,585 | 0,394 | 0,586 | 0,397 | 0,601 |
| 5 | | | | | 1,000 | 0,672 | 0,604 | 0,283 | 0,610 | 0,256 |
| 6 | | | | | | 1,000 | 0,537 | 0,444 | 0,539 | 0,433 |
| 7 | | | | | | | 1,000 | 0,480 | 0,999 | 0,451 |
| 8 | | | | | | | | 1,000 | 0,479 | 0,990 |
| 9 | | | | | | | | | 1,000 | 0,449 |
| 10 | | | | | | | | | | 1,000 |
| | Alle Korrelationen sind auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig). | | | | | | | | | |

**Tabelle 2: Korrelationen zwischen Verfahren mit Berücksichtigung der Hauptdiagnose
Korrelationskoeffizienten nach Spearman**

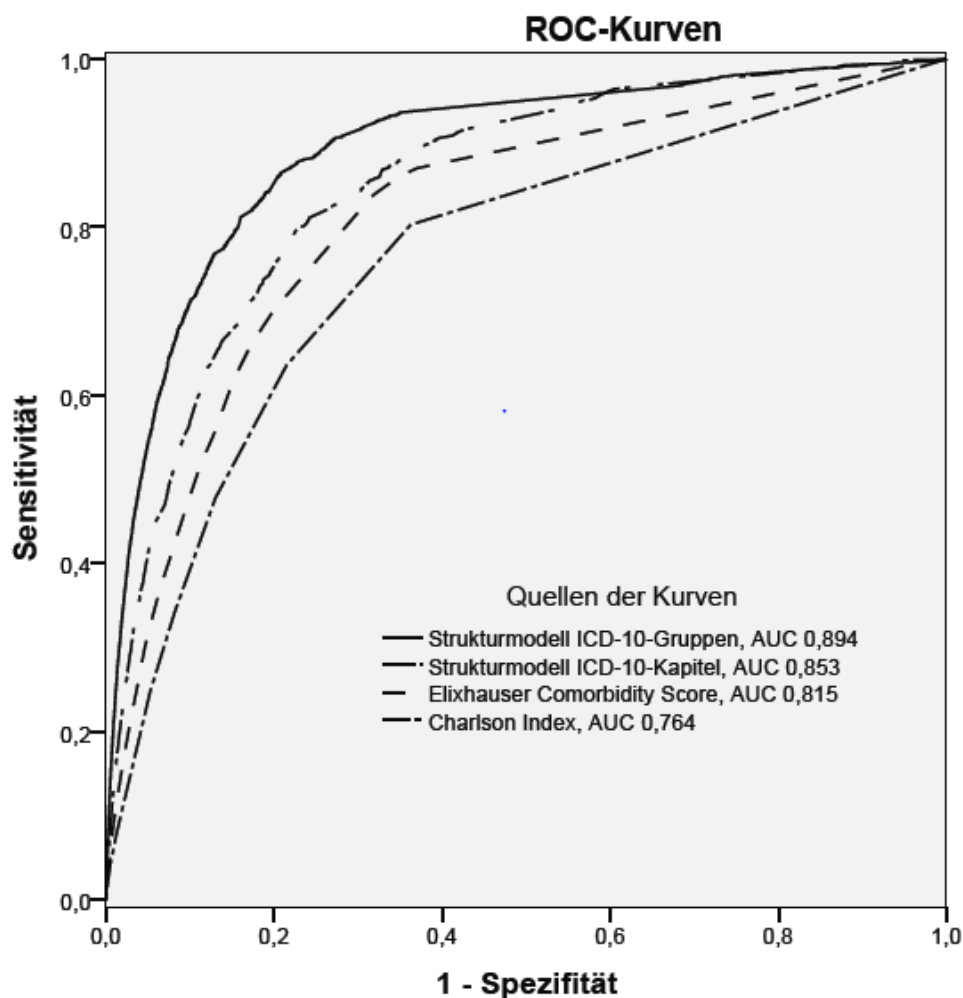
| | Charlson Index 1 | Elixhauser Score 2 | Updated Charlson Index 3 | Combined Comorbidity Score 4 | Strukturmodell ICD-10-Kapitel 5 | Strukturmodell ICD-10-Gruppen 6 | Score ICD-10-Kapitel 7 | Score ICD-10-Gruppen 8 |
|---|---------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 1,000 | 0,734 | 0,884 | 0,686 | 0,542 | 0,502 | 0,550 | 0,488 |
| 2 | | 1,000 | 0,762 | 0,781 | 0,535 | 0,594 | 0,539 | 0,589 |
| 3 | | | 1,000 | 0,775 | 0,527 | 0,532 | 0,535 | 0,527 |
| 4 | | | | 1,000 | 0,425 | 0,589 | 0,427 | 0,601 |
| 5 | | | | | 1,000 | 0,539 | 0,999 | 0,517 |
| 6 | | | | | | 1,000 | 0,537 | 0,993 |
| 7 | | | | | | | 1,000 | 0,514 |
| 8 | | | | | | | | 1,000 |
| Alle Korrelationen sind auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig). | | | | | | | | |

Tabelle 3: Korrelation zwischen Bewertungen mit und ohne Hauptdiagnose

| Korrelationskoeffizienten nach Spearman | |
|---|-------|
| Charlson Index | 0,920 |
| Elixhauser Score | 0,933 |
| Updated Charlson Index | 0,910 |
| Combined Comorbidity Score | 0,932 |
| Strukturmodell ICD-10-Kapitel | 0,881 |
| Strukturmodell ICD-10-Gruppen | 0,850 |
| Score ICD-10-Kapitel | 0,882 |
| Score ICD-10-Gruppen | 0,854 |
| Alle Korrelationen sind auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig). | |

4.4 ROC-Kurven ausgewählter Verfahren

Zur Veranschaulichung sind zwei international etablierte Methoden, der Charlson Index und der Elixhauser Comorbidity Score, sowie die beiden neu entwickelten Strukturmodelle der ICD-10-Kapitel und der ICD-10-Gruppen in einer Grafik dargestellt. Das Verfahren mit dem höchsten AUC-Wert (0,894 ohne HD) und dem besten Verlauf ist das Strukturmodell der ICD-10-Gruppen, die geringste AUC in dieser Darstellung erreicht der Charlson Index, seine Kurve verläuft am niedrigsten (siehe Abbildung 21). Die weiteren untersuchten Verfahren liegen mit den AUC-Werten und Kurvenverläufen zwischen diesen beiden, nur das Update des Charlson Index liegt minimal unter seinem Original. Wegen der fehlenden Übersichtlichkeit wird auf eine Gesamtdarstellung aller angewendeten Verfahren verzichtet.



Diagonale Segmente ergeben sich aus Bindungen.

**Abbildung 21: ROC-Kurven ausgewählter Verfahren
(Berechnung ohne HD)**

5. Diskussion

5.1 Kernaussage

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen im Vergleich zu internationalen Veröffentlichungen die Anwendbarkeit der gebräuchlichen Komorbiditäts-Scores in deutschen Routinedaten. Für die Strukturmodelle der ICD-10-Systematik und die in dieser Arbeit daraus entwickelten Scores zeigt sich Überlegenheit gegenüber den bisher bekannten Verfahren.

5.2 Allgemeine Betrachtungen

Zur Darstellung der Unterschiede ist jedes Verfahren mit und ohne Hauptdiagnose untersucht worden. Wie in den folgenden Abschnitten noch näher beschrieben wird, sind bei Berücksichtigung der Hauptdiagnose stets bessere Resultate festzustellen. Sowohl die Vorhersagekraft, die vom AUC-Wert ausgedrückt wird, als auch die Anzahl der gefundenen und berücksichtigten Diagnosen schneiden überlegen ab. Zu beachten ist jedoch immer die Zielsetzung einer Untersuchung und die Zusammensetzung der betrachteten Population. Zu unterscheiden sind Kollektive mit übereinstimmender Indexerkrankung, wie beispielsweise bei Stukenborg et al., die 5 Kohorten mit definierten Hauptdiagnosen untersuchten [Stukenborg et al. 2001], von Patientenkollektiven ohne diese Übereinstimmungen, wie beispielsweise in der Arbeit von Schneeweiss et al., die nur durch Behandlung in einem definierten Zeitraum ausgewählt sind [Schneeweiss et al. 2003]. Bei Betrachtung ohne übereinstimmende Hauptdiagnose erscheint deren Berücksichtigung zum besseren Herausarbeiten der Unterschiede gerechtfertigt. Es ist anzumerken, dass in präziser Begrifflichkeit nach dem Modell von Valderas et al. *Komorbidität* durch *Multimorbidität* zu ersetzen wäre [Valderas et al. 2009], also auch von einem *Multimorbiditäts-Index* gesprochen werden müsste. Nachdem dieser Begriff wenig gebräuchlich ist, wird davon Abstand genommen.

Beim Vergleich mit internationaler Literatur sind besonders auch die Unterschiede bei den Ko-Variablen zu beachten. Im Großteil der Arbeiten (vgl. Tabelle 24) sind Alter und Geschlecht als Ko-Variable mitbetrachtet, teilweise wird um mannigfaltige Kriterien wie Rasse, Wohnumfeld und Einkommen erweitert. Zum Teil sind diese Aspekte wegen ihrer Vielfalt dann bereits als *base model* bezeichnet [Quail et al. 2011] und erreichen alleine schon eine AUC in beträchtlicher Höhe, z. B. 0,880. In der vorliegenden Arbeit ist von der Anwendung der Ko-Variablen, auch des Alters und des Geschlechts, die im Datensatz enthalten wären, Abstand genommen worden, um die Verfahren unbeeinflusst betrachten zu können. Die Anwendung der Ko-Variablen bei gezielten Untersuchungen soll nicht in Abrede gestellt werden. Ganz im Gegenteil ist jede zusätzliche Information, die einfließen kann, als Verbesserung zu berücksichtigen. Jedoch unterscheidet sich die Zielsetzung der hier vorliegenden Arbeit als Basis-Evaluation des Verfahrens davon. Das Ziel der Arbeit ist der Vergleich der neu entwickelten Modelle von Stausberg et al. [Stausberg 2011a], die Verbesserung durch Ko-Variablen war nicht beabsichtigt und wurde bewusst unterlassen. Insgesamt ist ohne Ko-Variablen

die Darstellung der Güte des Modells alleine im Vergleich mit den anderen Verfahren besser möglich und wurde deshalb so angewendet.

Bereits die Betrachtung der Gesamtpopulation (n=435.076) und auch der Verstorbenen (n=9.973) zeigt in der Altersverteilung zwei Gipfel: der erste liegt im ersten Lebensjahr, vermutlich in der Neugeborenen-Phase und daran anschließend, wobei eine präzise Ermittlung aus der Datenbasis nicht möglich ist. Der zweite Gipfel liegt in der 7. oder 8. Lebensdekade, das mittlere Versterbe-Alter ist bei 76,2 Jahren. Gesamtbetrachtet sind 2,29 % der Behandlungsfälle verstorben. Die unter 1-Jährigen stellen bei 36 Fällen davon nur 0,36 % dar. Bis zum 18. Lebensjahr sind 55 Sterbefälle zu verzeichnen, das sind 0,55 % aller Sterbefälle. Bis zum 40. Lebensjahr sind 146 Todesfälle, entsprechend 1,46 % festzuhalten, bis zum 60. Lebensjahr sind es 1.145 Fälle oder 11,48 %, bis zum 65. LJ sind es 1.676 Fälle oder 16,81 % aller Verstorbenen. Unter der Annahme, dass die Erkrankungen und die Todesursachen der Jüngsten sich von denen der Senioren wesentlich unterscheiden, würde sich eine Alterstrennung empfehlen. In fast allen Arbeiten werden Jüngere, entweder unter 1 Jahr [D'Hoore et al. 1996], unter 18 Jahren [Sundararajan et al. 2004; Quan et al. 2005; Quan et al. 2011; Walraven et al. 2009; Chu et al. 2010], oder sogar unter 65 Jahren [Cleves et al. 1997; Schneeweiss et al. 2000; Schneeweiss et al. 2003] ausgeschlossen (siehe Tabelle 7, Anhang Tabelle 24). Obwohl in der vorliegenden Arbeit keinerlei Einschränkung vorgenommen wurde, sind die Ergebnisse zu den bekannten Arbeiten vergleichbar. Die Gruppe der „Jüngeren“, beispielsweise der unter 40 Jahren Verstorbenen, die gerade 1,46 % aller Verstorbenen ausmacht, nimmt also keinen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse. Auch die internationalen Arbeiten, die als Patientengut nur die über 65-Jährigen betrachten, erbringen übereinstimmende Werte bezüglich der Diskriminationsfähigkeit der international angewendeten Verfahren. Die Aussagekraft für die Gesamtpopulation ist auch ohne Ausschluss der „Jüngeren“ gegeben, weil das Versterben in dieser Gruppe zu selten ist, um wesentlichen Einfluss auf das Gesamtergebnis zu nehmen. Im Umkehrschluss muss aber angenommen werden, dass für die „Jüngeren“ keine verlässlichen Aussagen aus den hier angewendeten Verfahren zu erwarten sind. Die Verfahren sind an Kollektiven entwickelt, die Großteils ältere Bevölkerungsschichten und vor allem auch das Versterben im höheren Lebensalter als häufigeres Ereignis erfassen. Es ist festzuhalten, dass die Alters-Einschränkung als Hilfe zur Verbesserung der Ergebnisse wegen der anteilig kleinen Zahlen nur geringen Einfluss nimmt und durch den Verzicht darauf in dieser Arbeit keine Nachteile entstehen.

Es ist jeweils die Anzahl der Diagnosen ermittelt, die unter die Kriterien des Verfahrens fallen. Hier zeigen sich erhebliche Unterschiede zwischen Verfahren mit wenigen und eng begrenzten Kriterien von den breit angelegten Verfahren. Der Updated Charlson Index mit seinen 12 Conditions erreicht aus allen 2.438.823 Diagnosen nur 205.036 oder 8,41 % (258.997, 10,62 % mit HD). Die weitaus meisten Diagnosen fallen unter das Strukturmodell ICD-10-Kapitel, in dem 13 der insgesamt 22 Kapitel der ICD betrachtet werden: 1.552.016 oder 63,63 % (1.937.864, 79,45 % mit HD). In allen Verfahren muss noch weiter differenziert werden, weil sich die Anzahl der gewerteten Diagnosen von der eben beschrieben Anzahl der ermittelten Diagnosen unterscheidet. Jedes Kriterium eines Verfahrens wird nur einfach gezählt, auch wenn mehrere Diagnosen dieses erfüllen. Darum sind als aussagekräftigere Information diese Anzahlen ermittelt. Das oben beschriebene Verhältnis bleibt

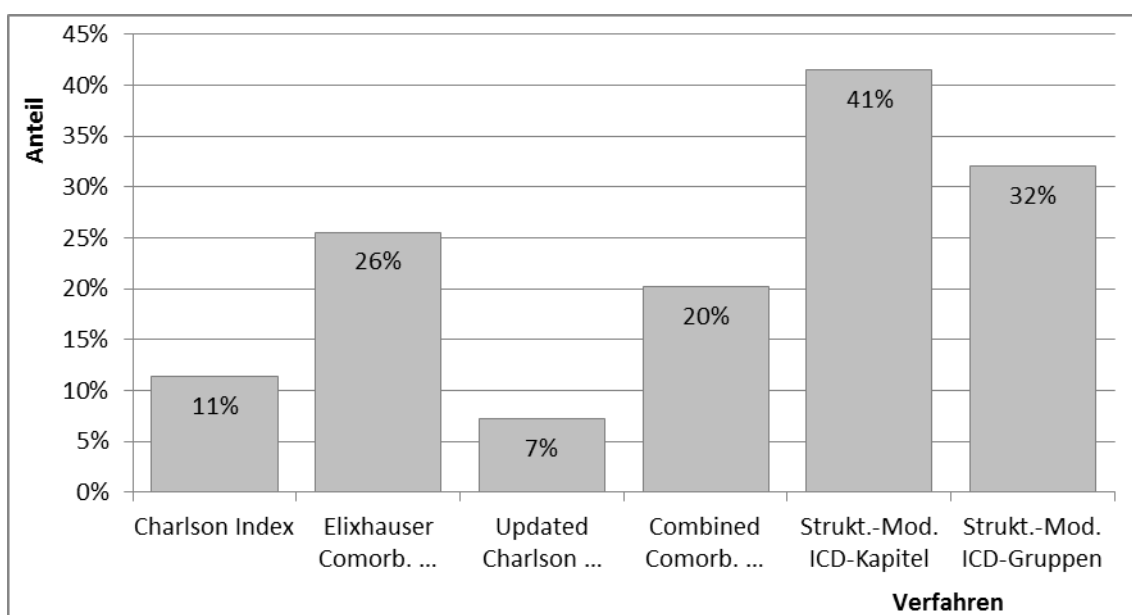


Abbildung 22: Darstellung gewerteter Diagnosen der Verfahren ohne HD (vgl. Tabelle 4)

unverändert, wenn auch die Werte niedriger liegen. Die meisten Kriterien ermittelt das Strukturmodell der ICD-10-Kapitel mit 41,47 % (49,36 % mit HD). Das Strukturmodell der ICD-Gruppen folgt an zweiter Stelle mit 32,07 % (38,16 % mit HD). Die 21 Kriterien des Elixhauser Comorbidity Score erreichen 25,56 % (28,78 % mit HD). Der Combined Comorbidity Score mit noch 20 Kriterien liegt gering niedriger bei 20,15 % (23,08 % mit HD). Am schwächsten bleiben der Charlson Index mit 11,43 % (14,03 % mit HD) und sein Update mit Werten von 7,23 % (8,97 % mit HD; siehe Abbildung 22, Tabelle 4). Von einer breiteren Aufstellung der Kriterien ist ein besseres Gesamtergebnis zu erwarten, weil die Chance, für einen Behandlungsfall Diagnosen zur Bewertung zu erhalten, höher ist. Die durchschnittliche Anzahl der Nebendiagnosen liegt hier bei 4,6. Wenn wie beim Updated Charlson Index nur jede 14. Nebendiagnose (7,23 %) ein gültiges Kriterium darstellt, wird klar, dass für viele Fälle kein Ergebnis berechnet werden kann, was im folgenden Abschnitt noch näher betrachtet wird. Das Strukturmodell ICD-10-Kapitel kann 2 von 5 Nebendiagnosen (41,47 %) verwenden. Das Update des Charlson Index mit Reduktion der ursprünglichen 17 Conditions auf nur noch 12 erreicht die wenigsten Kriterien. Von den international gebräuchlichen Verfahren überragt der Elixhauser Comorbidity Score mit 25,56 %, bleibt aber deutlich hinter den Strukturmodellen zurück. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die beiden Strukturmodelle der ICD-10-Systematik mit deutlichem Abstand die größte Breite der Diagnosen berücksichtigen können.

5.3 Vergleich der berechneten Ergebnisse

Der Vergleich der berechneten Score-Werte ungleich Null ergänzt die beschriebene Betrachtung der bewerteten Kriterien. Das Strukturmodell der ICD-10-Systematik kann hierfür nicht betrachtet werden, weil die berechneten Werte im Bereich zwischen 0 und 1 liegen und so stets ungleich Null

**Tabelle 4: Anzahl und Anteil der bewerteten Diagnosen und Kriterien
Minimum und Maximum hervorgehoben**

| Verfahren | Anzahl der bewerteten Diagnosen insgesamt | Anteil von allen Diagnosen | Anzahl der Diagnosen nach Reduktion auf einfache Zählung für jedes Kriterium | Anteil von allen Diagnosen |
|--|---|----------------------------|--|----------------------------|
| <u>Ohne</u> Berücksichtigung der Hauptdiagnose | | | | |
| Charlson Index | 315.763 | 12,95 % | 278.868 | 11,43 % |
| Elixhauser Comorbidity Score | 678.122 | 27,80 % | 623.315 | 25,56 % |
| Updated Charlson Index | 205.036 | 8,41 % | 176.308 | 7,23 % |
| Combined Comorbidity Score | 545.848 | 22,38 % | 491.514 | 20,15 % |
| Strukturmodell ICD-10-Kapitel | 1.552.016 | 63,63 % | 1.011.459 | 41,47 % |
| Strukturmodell ICD-10-Gruppen | 877.469 | 35,98 % | 782.174 | 32,07 % |
| <u>Mit</u> Berücksichtigung der Hauptdiagnose | | | | |
| Charlson Index | 396.045 | 16,24 % | 342.168 | 14,03 % |
| Elixhauser Comorbidity Score | 776.585 | 31,84 % | 701.984 | 28,78 % |
| Updated Charlson Index | 258.997 | 10,62 % | 218.839 | 8,97 % |
| Combined Comorbidity Score | 635.569 | 26,06 % | 562.863 | 23,08 % |
| Strukturmodell ICD-10-Kapitel | 1.937.864 | 79,45 % | 1.203.820 | 49,36 % |
| Strukturmodell ICD-10-Gruppen | 1.089.800 | 44,68 % | 930.824 | 38,16 % |
| Gesamtzahl der Diagnosen n= 2.439.010 | | | | |

sind. Statt diesem kommt der daraus entwickelte Score zur Anwendung. Nur im Charlson Index und seinem Update bedeutet ein Ergebnis von Null, dass keine Kriterien erfüllt sind. (Der PCCL sei hier als vorgegebener Wert außer Acht gelassen.) Im Elixhauser Comorbidity Score, im Combined Comorbidity Score und den Scores der ICD-10-Systematik können wegen negativer Koeffizienten auch Werte von Null als Ergebnis mehrere Kriterien eintreten. Trotz dieser Einschränkung wird die Anzahl der von Null verschiedenen Werte betrachtet. Der Updated Charlson Index kann nur in 28,16 % (33,02 mit HD) der Fälle so ein Ergebnis ermitteln. Die meisten Fälle erreicht der Score ICD-10-Kapitel, er kann in 73,31 % (86,28 % mit HD) einen von Null verschiedenen Wert berechnen. Von den internationalen Verfahren schneidet mit 47,48 % (50,80 % mit HD) der Combined Comorbidity Score am besten ab, knapp gefolgt vom Elixhauser Comorbidity Score mit 43,73 % (49,33 % mit HD). Der patientenbezogene Gesamtschweregrad PCCL liegt mit 42,81 % im gleichen Bereich. Der Charlson Index übertrifft mit 37,25 % (42,90 % mit HD) noch sein Update, das mit 28,16 % (33,02 % mit HD) den letzten Platz einnimmt. Weit überragend sind jedoch beide Scores der ICD-10-Systematik: Die Kapitel-Auswertung erreicht 73,31 % (86,38 % mit HD), die Gruppen-Auswertung immerhin noch 64,11 % (74,41 % mit HD). Zur Veranschaulichung sei auf Abbildung 23 und Tabelle 5 verwiesen.

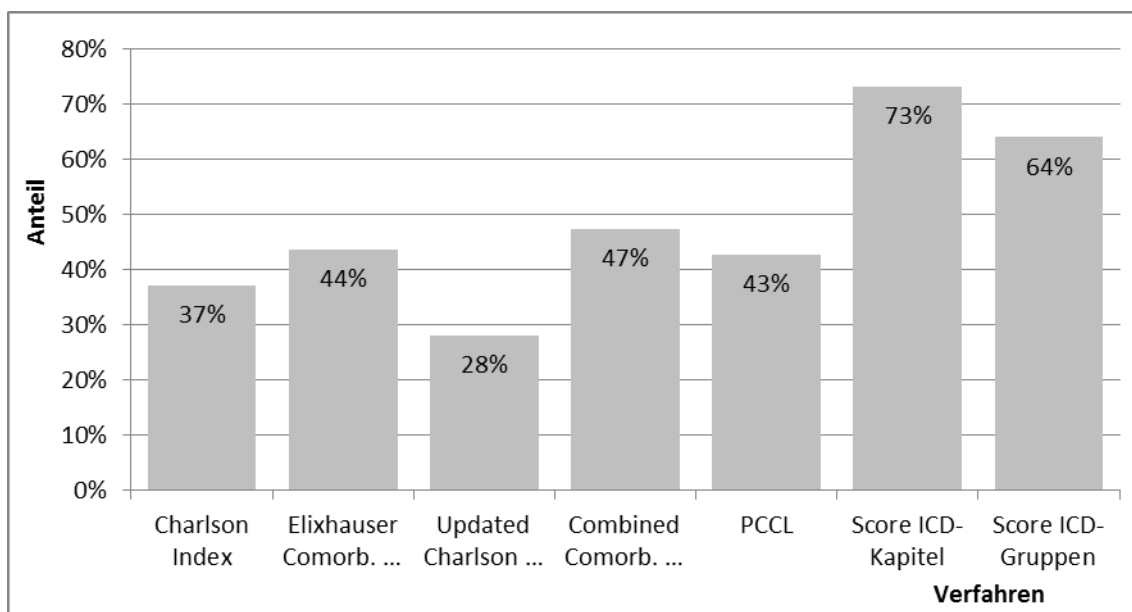


Abbildung 23: Darstellung der Score-Werte ungleich Null ohne HD (PCCL mit HD, vgl. Tabelle 5)

Tabelle 5: Anzahl und Anteil der Score-Werte ungleich Null Minimum und Maximum hervorgehoben

| Verfahren | Anzahl bei Berechnung <u>ohne</u> Hauptdiagnose | Anteil von allen Fällen | Anzahl bei Berechnung <u>mit</u> Hauptdiagnose | Anteil von allen Fällen |
|--------------------------------|---|-------------------------|--|-------------------------|
| Charlson Index | 162.074 | 37,25 % | 186.668 | 42,90 % |
| Elixhauser Comorbidity Score | 190.319 | 43,74 % | 214.609 | 49,33 % |
| Updated Charlson Index | 122.508 | 28,16 % | 143.660 | 33,02 % |
| Combined Comorbidity Score | 206.577 | 47,48 % | 221.033 | 50,80 % |
| PCCL | -- | -- | 186.263 | 42,81 % |
| Score ICD-10-Kapitel | 318.968 | 73,31 % | 375.381 | 86,28 % |
| Score ICD-10-Gruppen | 278.939 | 64,11 % | 323.730 | 74,41 % |
| Gesamtzahl der Fälle n=435.076 | | | | |

Wie im letzten Abschnitt dargestellt, erreichen die Verfahren auf Basis der ICD-Systematik die meisten Diagnosen. Diese Verfahren können auch die meisten von Null verschiedenen Score-Werte errechnen. Die Ergebnisse sind kongruent, der Zusammenhang ist einleuchtend. Als Schlussfolgerung daraus ist festzustellen, dass neu entwickelte Verfahren oder Weiterentwicklungen der bekannten Instrumente darauf abzielen sollten, die Datenbasis in größerem Umfang auszuwerten. Die hier ermittelten Werte zeigen insbesondere für das Update des Charlson Index, dass die Kürzung nicht der richtige Weg zu Verbesserung ist. Dem gegenüber erscheint der Ansatz von Stausberg et al., bei dem auf breiter Basis der ICD-Struktur ausgewertet wird, erfolgversprechend.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die beiden Scores der ICD-10-Systematik mit deutlichem Abstand für die meisten Fälle einen von Null verschiedenen Wert berechnen können.

Die Diskriminationsgüte von Komorbiditäts-Scores ist in zahlreichen Arbeiten geprüft worden, der AUC-Wert aus der ROC-Kurve hat sich als gebräuchlichstes Maß durchgesetzt und kann so auch zum Vergleich der Ergebnisse dienen.

Zur Bemessung sind für alle Verfahren die AUC-Werte aus den ROC-Kurven berechnet. Die geringste Diskriminationsgüte zeigt mit 0,755 (0,779 mit HD) der Updated Charlson Index. Bereits der Charlson Index in der Originalfassung erreicht geringfügig bessere Werte mit 0,764 (0,792 mit HD). Die einfache Zählung der Nebendiagnosen ist sowohl dem Charlson Index als auch seinem Update bereits überlegen mit einer AUC von 0,805. Dieses Verfahren liegt im unteren Mittelfeld. Der Combined Comorbidity Score erreicht mit 0,812 (0,826 mit HD) auch bereits Werte im Bereich über 0,80, der als *exzellente Diskrimination* bezeichnet wird [Hosmer et al. 2000]. In diesen Bereich gelangt auch der Elixhauser Comorbidity Score mit 0,815 (0,829 mit HD). Deutlich besser schneiden der PCCL mit 0,858, das Strukturmodell ICD-10-Kapitel mit 0,853 (0,856 mit HD) und der Score ICD-10-Kapitel mit 0,854 (0,856 mit HD) ab. Diese drei Verfahren stellen das vordere Mittelfeld dar. Die beste Diskriminationsgüte zeigt sich für das Strukturmodell ICD-10-Gruppen mit 0,894 ohne HD. Mit Berücksichtigung der HD wird sogar 0,9 überschritten und ein Wert von 0,910 erreicht. Der Score ICD-10-Gruppen ist annähernd gleich hoch mit 0,890 (0,908 mit HD). Diese beiden Verfahren sind die Spitzenreiter. Die AUC-Werte aller Verfahren sind tabellarisch zusammengestellt (siehe Tabelle 6).

Zu den Ergebnissen der ROC-Analyse sei besonders daran erinnert, dass in der vorliegenden Arbeit keine Ko-Variablen in die Berechnung einbezogen sind und keine Einschränkung des Alters eingeführt wurde. In der Literatur sind Werte über 0,90 ohne Ko-Variablen nach Wissensstand des Autors bisher nicht beschrieben.

Die Zusammenstellung in Tabelle 7 zeigt AUC-Werte sowie Ko-Variablen und Alters-Einschränkungen aus einigen Veröffentlichungen. Eine umfangreichere Zusammenstellung weiterer Arbeiten ist im Anhang beigelegt (siehe Tabelle 24).

Der Charlson Index stellt als ältestes Verfahren stets das Schlusslicht der Vergleiche dar. Die Elixhauser Comorbidities und der daraus entwickelt Score übertreffen sowohl in der vorliegenden Arbeit wie stets beschrieben diese Ergebnisse. Dass die Nebendiagnosen-Zählung im Mittelfeld und des PCCL im vorderen Mittelfeld rangiert, wurden auch von Stausberg et al. [Stausberg 2011a] so beschrieben. Die Verbesserung durch den Combined Comorbidity Score gegenüber den Ursprungs-Verfahren von Charlson und Elixhauser ist auch von Gagne et al. [Gagne et al. 2011] beobachtet worden. Eine geringe Diskrepanz zeigt sich für die hier ermittelten Ergebnisse des Updated Charlson Index zur Veröffentlichung von Quan et al. [Quan et al. 2011]: Dort ist die Überlegenheit zum Charlson Index beschrieben. Jedoch ist festzuhalten, dass in seiner Arbeit die Validierung an sechs internationalen Kohorten erfolgte und die verschiedenen Ergebnisse zwischen 0,727 und 0,878, also mit deutlicher Streuung, ermittelt wurden. In diesen Bereich kann auch das hier vorliegende Ergebnis

**Tabelle 6: Zusammenstellung der AUC-Werte aller Verfahren
Minimum und Maximum hervorgehoben**

| Verfahren | HD | AUC-Wert | Asymptotisches 95% Konfidenzintervall | |
|-------------------------------|------|----------|---------------------------------------|------------|
| | | | Untergrenze | Obergrenze |
| Charlson Index | ohne | 0,764 | 0,759 | 0,769 |
| | mit | 0,792 | 0,788 | 0,797 |
| Elixhauser Comorbidity Score | ohne | 0,815 | 0,810 | 0,819 |
| | mit | 0,829 | 0,825 | 0,833 |
| Updated Charlson Index | ohne | 0,755 | 0,750 | 0,760 |
| | mit | 0,779 | 0,774 | 0,784 |
| Combined Comorbidity Score | ohne | 0,812 | 0,807 | 0,816 |
| | mit | 0,826 | 0,822 | 0,830 |
| Zählung der Nebendiagnosen | | 0,805 | 0,800 | 0,809 |
| PCCL | | 0,858 | 0,855 | 0,862 |
| Strukturmodell ICD-10-Kapitel | ohne | 0,853 | 0,850 | 0,857 |
| | mit | 0,856 | 0,852 | 0,859 |
| Strukturmodell ICD-10-Gruppen | ohne | 0,894 | 0,891 | 0,897 |
| | mit | 0,910 | 0,907 | 0,913 |
| Score ICD-10-Kapitel | ohne | 0,854 | 0,850 | 0,857 |
| | mit | 0,856 | 0,852 | 0,859 |
| Score ICD-10-Gruppen | ohne | 0,890 | 0,887 | 0,894 |
| | mit | 0,908 | 0,905 | 0,911 |

eingearbeitet werden. Die stärkste Vorhersagekraft wird im Strukturmodell ICD-10-Gruppen und dem daraus gebildeten Score erreicht, so dass die Überlegenheit dieses Verfahrens bestätigt wird. Das korrespondierende Verfahren der Kapitel-Auswertung folgt mit geringem Abstand und übertrifft ebenfalls alle international gebräuchlichen Verfahren. Nur der PCCL, der als „Außenreiter-Wert“ in dieser Arbeit mit bewertet wurde, weil es sich bei ihm nicht um ein eigenständiges Verfahren, sondern um einen variablen und aufwändigen Algorithmus des DRG-Groupers handelt, kann in dieser Höhe mithalten. Es ist festzustellen, dass die hier erzielten Resultate der international gebräuchlichen Verfahren Übereinstimmung zu den bereits veröffentlichten Ergebnissen zeigen. Die Anwendbarkeit der Scores in deutschen Routinedaten wird dadurch bestätigt. Weiterhin zeigt sich eine deutliche Überlegenheit der Strukturmodelle und Scores der ICD-10-Systematik bezüglich der Diskriminationsgüte oder Vorhersagekraft.

Tabelle 7: AUC-Werte und Einschränkungen der Analysen in der Literatur (Auszug)

| Literatur-Quelle | abhängige Variable | Index/ Score | AUC | Ko-Variablen |
|---|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Cleves et al. 1997 | 30-Tage-Mortalität | Alter, Geschlecht | 0,59-0,74 | -- |
| | | Charlson-Romano | 0,61-0,74 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Deyo | 0,60-0,75 | Alter, Geschlecht |
| | 90-Tage-Mortalität | Alter, Geschlecht | 0,62-0,69 | -- |
| | | Charlson-Romano | 0,65-0,75 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Deyo | 0,64-0,74 | Alter, Geschlecht |
| | 180-Tage-Mortalität | Alter, Geschlecht | 0,62-0,66 | -- |
| | | Charlson-Romano | 0,66-0,77 | Alter, Geschlecht |
| Charlson-Deyo | | 0,65-0,74 | Alter, Geschlecht | |
| [Cleves et al. 1997] Einschränkungen: Alter >65 Jahre (Medicare-Population). Mortalität: Hier wird Zeit nach Krankenhausentlassung betrachtet. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 1993-1994 , Medicare-Data, Arkansas USA, ICD-9, n=?. 6 Kohorten mit Indexerkrankungen (back pain, stroke, pneumonia, hip replacement, transurethral radical prostatectomy, lysis of peritoneal adhesion). | | | | |
| Schneeweiss et al. 2003 | 1-Jahres-Mortalität | Charlson | 0,757-0,771 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Schneew. | 0,765-0,780 | Alter, Geschlecht |
| | | Elixhauser | 0,781 | Alter, Geschlecht |
| [Schneeweiss et al. 2003] Einschränkungen: Alter >65 Jahre. Charlson-Schneew.: Neu berechnete und validierte Gewichtungen der Charlson Conditions. Datenbasis: Krankenversicherungsdaten 1994-1995, Medicare-Data, USA, ICD-9, n=466.794. Entwicklungskohorte New Jersey n=235.881, Validierungskohorte Pennsylvania n=230.913. | | | | |
| Quan et al. 2005 | Khs-Mortalität | Charlson | 0,842-0,860 | -- |
| | | Elixhauser | 0,868-0,870 | -- |
| [Quan et al. 2005] Einschränkungen: Alter > 18 Jahre. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten, Calgary Health Region Discharge Database, 2001-2002, ICD-9 und ICD-10, n=115.390. 2 Kohorten: ICD-9 2001 n=56.585, ICD-10 2002 n=58.805. | | | | |
| Quail et al. 2011 | 1-Jahres-Mortalität | base model (BM) | 0,758-0,880 | -- |
| | | BM + Charlson | 0,811-0,905 | base model |
| | | BM + Elixhauser | 0,827-0,913 | base model |
| | | BM + Diag-Zählung | 0,792-0,901 | base model |
| [Quail et al. 2011] Einschränkungen: Alter > 20 Jahre. Base Model: Alter, Quadrat des Alters, Geschlecht, Wohngegend, Einkommensquintil. Datenbasis: Administrative Gesundheitsdaten 1996-2001 der Provinz Saskatchewan, Kanada, ICD-9 und ICD-10, n=662.423. Gesamtkohorte und 2 Kohorten mit Index-Erkrankungen (diabetes, osteoporosis). | | | | |
| Stausberg et al. 2011 | Khs-Mortalität | Diag-Zählung | 0,796 | -- |
| | | Charlson-Varianten | 0,752-0,787 | -- |
| | | Elix.-Varianten | 0,724-0,800 | -- |
| | | PCCL | 0,870 | -- |
| | | ICD-10-Kapitel | 0,863 | -- |
| | | ICD-10-Gruppen | 0,916 | -- |
| [Stausberg 2011a] Einschränkungen: Keine Neugeborenen. Stausb.-Kapitel, -Gruppen: Neu entwickeltes und validiertes Verfahren zur Bewertung nach der ICD-Struktur. PCCL: Patient Clinical Complexity Level, berechnet vom DRG-Groupier. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 2008, Deutschland, ICD-10, n=51.898. | | | | |

Die Korrelationskoeffizienten von Spearman stellen dar, wie gut eine Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Verfahren gegeben ist. Hier ist festzustellen, dass die Verfahren, die auf gemeinsame Conditions aufbauen, eine bessere Korrelation zeigen. So ist zwischen dem Combined Comorbidity Score und dem Elixhauser Comorbidity Score ein Korrelationskoeffizient von 0,762 berechnet. Noch höher ist selbstverständlich die Korrelation zwischen dem Charlson Index und seinem Update mit 0,876. Die Korrelation zwischen den Strukturmodellen und den daraus abgeleiteten Scores ist erwartungsgemäß mit 0,99 am höchsten.

Es ist aber auch festzustellen, dass zwischen dem PCCL, der eine AUC von 0,858 bietet, und dem Strukturmodell ICD-10-Kapitel, das mit AUC=0,853 genauso hoch liegt, nur eine geringere Korrelation besteht, der Koeffizient beträgt 0,537. Das Strukturmodell ICD-10-Gruppen, das mit der höchsten AUC von 0,890 abschließt, zeigt gegenüber dem PCCL nur einen Wert von 0,433, gegenüber der Nebendiagnosen-Zählung sogar nur 0,256.

Es zeigt sich somit, dass die verschiedenen Verfahren unterschiedliche Fälle höher bewerten, aber dennoch im Ergebnis gute Vorhersagekraft erreichen. Folglich kann eine Verbesserung erwartet werden durch gemeinsame Anwendung von Verfahren, die keine hohe Korrelation zeigen. In weiteren Arbeiten könnte das näher untersucht werden.

5.4 Limitationen und Ausblick

Die Datengrundlage dieser Arbeit sind die Abrechnungsdaten von 36 deutschen Krankenhäusern mit einer Bettenzahl im Bereich zwischen 50 und über 800. Der Schwerpunkt liegt mit über 60 % zwischen 150 und 400 Betten. Bei allen deutschen Krankenhäusern ist eine davon abweichende Größenverteilung festzustellen. Die Mehrzahl der Einrichtungen hat weniger als 50 Betten, im Mittelfeld ist ein Gipfel im Größenbereich von 200 bis 300 Betten festzustellen [Stausberg 2011a]. Die vorliegende Datenbasis stellt somit keinen repräsentativen Ausschnitt der deutschen Krankenhauslandschaft dar. Es kann aber auch angenommen werden, dass gerade die Einrichtungen der mittleren Größe mit Vorhaltung der wichtigsten medizinischen Fachdisziplinen das breiteste Patientengut betreuen. Bei den sehr kleinen Häusern unter 50 Betten kann es sich großteils um spezialisierte Einrichtungen handeln, die ein stark selektiertes Patientengut behandeln. Ebenso ist für die größten Krankenhäusern anzunehmen, dass es sich um universitäre Einrichtungen und Häuser der Maximalversorgung handelt, die ebenfalls ein charakteristisches Patientenkollektiv betreuen, nämlich die am schwersten oder am meisten komplex Erkrankten oder Verletzten. Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen und bei Betrachtung der Ergebnisse im internationalen Vergleich erscheint durch die Auswahl dieser 36 Krankenhäuser kein Nachteil entstanden zu sein.

Die Vorhersage des Todes ist mit diesen Scores nicht möglich und nicht beabsichtigt. Der Tod als binäre Zielvariable wird stets nur als Indikator für die Schwere der Komorbidität angewendet. Ebenso könnten auch Krankenhausverweildauer oder Behandlungskosten als kontinuierliche Variable zur Anwendung kommen.

Die Überprüfung der Ergebnisse der Strukturmodelle und Scores der ICD-10-Systematik auch an Abrechnungsdaten aus anderen Ländern oder auch an Daten aus anderen Quellen, beispielsweise

den Informationen der Krankenversicherungen ist wünschenswert. Weitere Arbeiten könnten so zur Sicherung der Ergebnisse beitragen.

Nachdem bei Anwendung von Routinedaten häufig die Schweregrade der Diagnosen vernachlässigt sind, wäre eine genauere Erfassung in dieser Richtung vorstellbar. Erstens wäre eine einfache Differenzierung auch über die Anzahl der Diagnosen, die ein Kriterium je Fall erfüllen, möglich. Es sei erinnert, dass stets jedes Merkmal nur einfach gezählt wird, unabhängig von der Anzahl der Diagnosen, die es bestätigen. Die Darstellung der erfüllten gegenüber den gezählten Diagnosen zeigt gerade bei den breit angelegten Verfahren eine wesentliche Diskrepanz: Im Strukturmodell der ICD-10-Kapitel werden mit Auswertung der Hauptdiagnosen 1.937.864 Diagnosen festgestellt, nach Reduktion auf die einfache Zählung verbleiben jedoch nur 1.203.820. Das bedeutet den Informationsverlust, ob ein Kriterium einfach, doppelt oder vielfach erfüllt ist. Zweitens wird aus der ICD-10-Kodierung in der Regel keine Aussage über das Ausmaß eines Leidens abgeleitet, was jedoch in verschiedenen Bereichen möglich ist. Beispielsweise sei an die beim Charlson Index praktizierte Unterscheidung zwischen *mild* und *moderate or severe liver disease* erinnert. In späteren Ansätzen und auch im Strukturmodell der ICD-10-Systematik wird eine solche Unterscheidung nicht mehr verwendet. Jedoch ist in vielen Bereichen der ICD auch aus dem Kode eine Unterscheidung möglich.

Es seien folgende Beispiele angeführt:

- I25.1 Atherosklerotische Herzkrankheit
 - I25.11 Ein-Gefäß-Erkrankung
 - I25.13 Drei-Gefäß-Erkrankung
- I50.1 Linksherzinsuffizienz
 - I50.11 ohne Beschwerden, NYHA-Stadium I
 - I50.14 mit Beschwerden, NYHA-Stadium IV

Nachdem die Auswertung der Daten und die Berechnung eines Scores stets computerunterstützt erfolgt und nicht eine „Anwendung für die Kitteltasche“ wie bei klinischen Instrumenten avisiert ist, wäre eine feiner strukturierte Auswertung für den Anwender ohne Mehraufwand vorstellbar. Weitere Arbeiten könnten auf eine feingliedrigere Analyse der ICD-Systematik unter diesen beiden Gesichtspunkten abzielen.

6. Zusammenfassung

Die Komorbidität nimmt Einfluss auf verschiedene Bereiche wie den individuellen Krankheitsverlauf, die Resultate von Forschungsarbeiten oder im Kollektiv auf die Bedarfsplanung der Gesundheitsversorgung. Der zuverlässigen Quantifizierung kommt eine hohe Bedeutung zu. Von den international gebräuchlichen Verfahren sind der *Charlson Index* und die *Elixhauser Comorbidities* am weitesten verbreitet. Seit vielen Jahren ist neben ihrer Anwendung im Individualfall auch die Nutzung auf der Ebene großer Datenbestände etabliert.

In der vorliegenden Arbeit werden an Abrechnungsdaten deutscher Krankenhäuser die internationalen Verfahren und zwei zuletzt neu vorgestellte Methoden geprüft. Diese basieren auf den Gliederungsebenen der ICD-10-Systematik mit Kapiteln und Gruppen. Sie werden als *Strukturmodelle ICD-10* bezeichnet. Zusätzlich werden von ihnen ausgehend ganzzahlige Scores entwickelt und deren Ergebnisse evaluiert.

Neben dem *Charlson Index* und dem *Elixhauser Comorbidity Score* werden der *Combined Comorbidity Score* als Kombination aus beiden und der *Updated Charlson Index* als jüngste Aktualisierung des lange etablierten Verfahrens eingesetzt. Zusätzlich betrachtet werden auch der patientenbezogene Gesamtschweregrad *PCCL* des deutschen DRG-Systems und als einfachstes Verfahren die reine *Zählung der Nebendiagnosen*.

Die Arbeit bestätigt im großen Datenbestand von 435.076 Behandlungsfällen mit 2.439.010 Diagnosen die Anwendbarkeit der international etablierten Komorbiditäts-Scores an deutschen Routinedaten. Für die zuletzt entwickelten Strukturmodelle der ICD-10-Systematik und die daraus abgeleiteten Scores kann Überlegenheit gegenüber allen anderen Verfahren gezeigt werden. Sie dominieren in allen Bereichen: in der Breite der bewerteten Diagnosen, in der Anzahl der berechneten Werte ungleich Null und in der Vorhersagekraft ausgedrückt durch die AUC der ROC-Kurve.

Für alle Verfahren sind die Berechnungen mit und ohne Berücksichtigung der Hauptdiagnose durchgeführt, wodurch stets eine Verbesserung durch deren Einschluss gezeigt wird. Bei Betrachtung eines großen Kollektivs bietet sich im Gegensatz zu einer Kohorte, die durch eine übereinstimmende Hauptdiagnose definiert ist, die Mitbewertung zur Verbesserung an, sofern das Studiendesign dem nicht entgegensteht.

Bei den Strukturmodellen der ICD-10-Systematik werden ohne den Einschluss weiterer Ko-Variablen wie beispielsweise Geschlecht oder Alter bereits exzellente Ergebnisse erreicht. Bei präziseren Datengrundlagen und gezielten Fragestellungen sollte auf deren Berücksichtigung dennoch nicht verzichtet werden.

Zukünftige Verbesserungen sind durch Kombination verschiedener Verfahren und auch durch feingliedrigere Datenauswertung vorstellbar. Besonders geeignet wird der Zusammenschluss von Methoden eingeschätzt, die geringe Korrelationen aufweisen, weil so differierende Aspekte Eingang finden können. Weitere Forschungen hierzu sind wünschenswert.

7. Literaturverzeichnis

Aylin, Paul; Bottle, Alex; Majeed, Azeem (2007): Use of administrative data or clinical databases as predictors of risk of death in hospital: comparison of models. In: *BMJ* (7602).

Bender, R.; Ziegler, A.; Lange, S. (2007): Logistische Regression. In: *Dtsch med Wochenschr* 132 (S 01), S. e33–e35.

Bender, Ralf (2009): Introduction to the Use of Regression Models in Epidemiology. In: *Cancer Epidemiology* (Vol. 471), S. 179–195.

Busse, Reinhard (2004): "Morbidity" - Definition und Messung aus epidemiologischer Sicht. Technische Universität Berlin. Berlin. URL: www.mig.tu-berlin.de/fileadmin/a38331600/2004.lectures/Berlin_2004.12.16.rb_Morbidit_t.pdf, Stand: 27.08.2013.

Charlson, Mary E.; Pompei, Peter (1987): A new Method of Classifying prognostic Comorbidity in longitudinal Studies: Development and Validation. In: *J Chron Dis* (Vol. 40, No. 5), S. 373–383.

Christensen, Steffen; Johansen, Martin; Christiansen, Christian; Jensen, Reinhold; Lemeshow, Stanley (2011): Comparison of Charlson comorbidity index with SAPS and APACHE scores for prediction of mortality following intensive care. In: *CLEP* (3), S. 203–211.

Chu, Yu-Tseng; Ng, Yee-Yung; Wu, Shiao-Chi (2010): Comparison of different comorbidity measures for use with administrative data in predicting short- and long-term mortality. In: *BMC Health Services Research* (10), S. 140–146.

Cleves, Mario A.; Sanchez, Nena (1997): Evaluation of Two Competing Methods for Calculation Charlson's Comorbidity Index When Analyzing Short-Term Mortality Using Administrative Data. In: *J Clin Epidemiol* Vol. 50 (No. 8), S. 903–908.

Cook, Nancy R. (2007): Use and Misuse of the Receiver Operating Characteristic Curve in Risk Prediction. In: *Circulation* 115 (7), S. 928–935.

deGroot, Vincent; Beckermann, Heleen; Lankhorst, Gustaaf J.; Bouter, Lex M. (2003): How to measure comorbidity: a critical review of available methods. In: *Journal of Clinical Epidemiology* (56), S. 221–229.

Deyo, Richard A.; Cherkin, Daniel C.; Ciol, Marcia A. (1992): Adapting a Clinical Comorbidity Index for use with ICD-9-CM Administrative Database. In: *J Clin Epidemiol* 45 (6), S. 613–619.

D'Hoore, William; Bouckaert, André; Tilquin Charles (1996): Practical Consideration on the Use of the Charlson Comorbidity Index with Administrative Data Base. In: *J Clin Epidemiol* 49 (12), S. 1429–1433.

Diederichs, C.; Bartels, D.B; Berger, K. (2011): Methodische Herausforderungen bei der Auswahl von Erkrankungen für einen standardisierten Multimorbiditätsindex. In: *Bundesgesundheitsblatt* 54 (8), S. 972–978.

DIMDI (2013a): ICD-10-GM 2010. URL: www.dimdi.de/dynamic/de/klassi/downloadcenter/icd-10-gm/vorgaenger/version2010/systematik, Stand: 06.10.2013.

DIMDI (2013b): Wie viele Schlüsselnummern gibt es in der ICD-9 und in der ICD-10. URL: www.dimdi.de/static/de/klassi/faq/icd-10/allgemein/faq_0008.htm_319159480.htm, Stand: 04.09.2013.

duden-online (Hg.) (2013): Duden. Bibliographisches Institut GmbH. URL: www.duden.de.

Elixhauser, Anne; Steiner, Claudia; Harris, D. Robert; Coffey, Rosanna M. (1998): Comorbidity Measures for Use with Administrative Data. In: *Medical Care* 36 (1), S. 8–27.

- Feinstein, Alvan R. (1970): The pre-therapeutic Classification of Co-Morbidity in Chronic Disease. In: *Journal of Chronic Disease* 23, S. 455–468.
- Gagne, Joshua J.; Glynn, Robert J.; Avorn, Jerry; Levin, Raisa; Schneeweiss, Sebastian (2011): A combined comorbidity score predicted mortality in elderly patients better than existing scores. In: *Journal of Clinical Epidemiology* 64 (7), S. 749–759.
- Ghali, William A.; Hall, Ruth E.; Rosen, Amy K.; Ash, Arlene S.; Moskowitz, Mark A. (1996): Searching for an Improved Clinical Comorbidity Index for Use with ICD-9-CM Administrative Data. In: *J Clin Epidemiol* 49 (3), S. 273–278.
- Habermehl, A. (1986): Mortalität - Letalität - Morbidität. Epidemiologische Definitionen. In: *Deutsches Ärzteblatt* 83 (A-3), S. 98–99.
- Halfon, Patricia; Egli, Yves; van Melle, Guy; Chevalier, Julia; Wasserfallen, Jean-Blaise; Burnand, Bernard (2002): Measuring potentially avoidable hospital readmissions. In: *Journal of Clinical Epidemiology* 55, S. 573–587.
- Hosmer, David W.; Lemeshow, Stanley (2000): Applied Logistic Regression. New York: Wiley.
- Humphries, Karin H.; Rankin, James M.; Carere, Ronald G.; Buller, Christopher E.; Kiely, F. Michael; Spinelli, John J. (2000): Co-morbidity data in outcomes research: Are clinical data derived from administrative databases reliable alternative to chart review? . In: *Journal of Clinical Epidemiology* 53, S. 343–349.
- InEK (2010): G-DRG Version 2010/2012 Definitionshandbuch, Band 5, Anhänge. Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus. Siegburg. URL: <http://www.g-drg.de/cms/content/view/full/3216>, Stand: 06.10.2013.
- Januel, Jean-Marie; Luthi, Jean-Christophe; Quan, Hude; Borst, Francois; Taffé, Patrick; Ghali, William A.; Burnand, Bernard (2011): Improved accuracy of co-morbidity coding over time after the introduction of ICD-10 administrative data. In: *BMC Health Services Research* 11, S. 194.
- Kaplan, Moreson H.; Feinstein, Alvan R. (1974): The Importance of classifying initial Co-Morbidity in evaluating the Outcome of Diabetes mellitus. In: *J Chron Dis* 27, S. 387–404.
- Lange, Stefan; Bender, Ralf (2007): Lineare Regression und Korrelation. In: *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift* 132 (S 01), S. e9–e11.
- LaValley, Michael P. (2008): Logistic Regression. In: *Circulation* 117 (18), S. 2395–2399.
- Leal, J. R.; Laupland, K. B. (2010): Validity of ascertainment of co-morbid illness using administrative databases: a systematic review. In: *Clinical Microbiology and Infection* 16 (6), S. 715–721.
- Li, Bing; Evans, Dewey; Faris, Peter; Dean, Stafford; Quan, Hude (2008): Risk adjustment performance of Charlson and Elixhauser comorbidities in ICD-9 and ICD-10 administrative databases. In: *BMC Health Services Research* 8 (1), S. 12.
- Needham, Dale M.; Scales, Damon C.; Laupacis, Andreas; Pronovost, Peter J. (2005): A systematic review of the Charlson comorbidity index using Canadian administrative databases: a perspective on risk adjustment in critical care research. In: *Journal of Critical Care* 20 (1), S. 12–19.
- Perneger, Thomas V.; Rae, Anne-Claire; Gaspoz, Jean-Michel; Borst, Francois; Vitek, Olga; Hélot, Céline (2002): Screening for pressure ulcer risk in an acute care hospital: Development of a brief bedside scale. In: *Journal of Clinical Epidemiology* 55, S. 498–504.
- Pschyrembel (Hg.) (2007): Klinisches Wörterbuch. 261. Aufl. Berlin: deGruyter.

- Quail, Jacqueline M.; Lix, Lisa M.; Osman Beliz; Teare, Gary F. (2011): Comparing comorbidity measures for predicting mortality and hospitalization in three population-based cohorts. In: *BMC Health Services Research* 11 (1), S. 146.
- Quan, Hude; Li, Bing; Couris, Chantal M.; Fushimi, Kiyohide; Graham, Patrick; Hider, Phil et al. (2011): Updating and Validating the Charlson Comorbidity Index and Score for Risk Adjustment in Hospital Discharge Abstracts Using Data From 6 Countries. In: *American Journal of Epidemiology* 173 (6), S. 676–682.
- Quan, Hude; Li, Bing; Duncan Saunders, L.; Parsons, Gerry A.; Nilsson, Carolyn I.; Alibhai, Arif; Ghali, William A. (2008): Assessing Validity of ICD-9-CM and ICD-10 Administrative Data in Recording Clinical Conditions in a Unique Dually Coded Database. In: *Health Services Research* 43 (4), S. 1424–1441.
- Quan, Hude; Parson, Gerry A.; Ghali, William A. (2002): Validity of Information on Comorbidity Derived From ICD-9-CCM Administrative Data. In: *Medical Care* 40 (8), S. 675–685.
- Quan, Hude; Sundararjan, Vijaya; Halfon, Patricia (2005): Coding Algorithms for Defining Comorbidities in ICD-9-CM and ICD-10 Administrative Data. In: *Medical Care* 43 (11), S. 1130–1139.
- Rochon, Paula A.; Katz, Jeffrey N.; Morrow, Linda A.; McGlinchey-Berroth, Regina; Ahlquist, Margaret M.; Sarkarati, Medhi; Minaker, Kenneth L. (1996): Comorbid Illness Is Associated with Survival and Length of Hospital Stay in Patients with Chronic Disability: A Prospective Comparison of Three Comorbidity Indices. In: *Medical Care* 34 (11), S. 1093–1101.
- Romano, Patrick S.; Roos, Leslie L.; Jollis, James G. (1993a): Adapting a Clinical Comorbidity Index for use with ICD-9-CM Administrative Data: Differing Perspectives. In: *J Clin Epidemiol* 46 (10), S. 1075–1079.
- Romano, Patrick S.; Roos, Leslie L.; Jollis, James G. (1993b): Further Evidence concerning the Use of a Clinical Comorbidity Index with ICD-9-CM Administrative Data. In: *J Clin Epidemiol* 46 (10), S. 1085–1090.
- Romano, Patrick S.; Roos, Leslie L.; Luft, Harold S.; Jollis, James G.; Doliszny, Katherine (1994): A Comparison of Administrative versus Clinical Data: Coronary Artery Bypass Surgery as an Example. In: *J Clin Epidemiol* 47 (3), S. 249–260.
- Sarfati, Diana (2012): Review of methods used to measure comorbidity in cancer populations: No gold standard exists. In: *Journal of Clinical Epidemiology* 65 (9), S. 924–933.
- Schneeweiss, Sebastian; Maclure, Malcolm (2000): Use of comorbidity scores for control of confounding in studies using administrative database. In: *International Journal of Epidemiology* (29), S. 891–898.
- Schneeweiss, Sebastian; Wang, Philip S. (2003): Improved Comorbidity Adjustment for Predicting Mortality in Medicare Populations. In: *Health Services Research* 38 (4), S. 1103–1120.
- Schneeweiss, Sebastian; Wang, Philip S.; Avorn, Jerry; Maclure, Malcolm; Levin, Raia; Glynn, Robert J. (2004): Consistency of performance ranking of comorbidity adjustment scores in canadian and U.S. utilization data. In: *J Gen Intern Med* (19), S. 444–450.
- Sharabiani, Mansour T. A.; Aylin, Paul; Bottle, Alex (2012): Systematic Review of Comorbidity Indices for Administrative Data. In: *Medical Care* 50 (12), S. 1109–1118.
- Southern, Danielle A.; Quan, Hude; Ghali, William A. (2004): Comparison of the Elixhauser and Charlson/Deyo Methods of Comorbidity Measurement in Administrative Data. In: *Medical Care* 42 (4), S. 355–360.

Statistisches Bundesamt (2013): Definition: Haupt- und Nebendiagnose. Statistisches Bundesamt. Bonn. URL: http://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gastg&p_aid=&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=11115, Stand: 06.10.2013.

Stausberg, Jürgen (2007): Die Kodierqualität in der stationären Versorgung. In: *Bundesgesundheitsblatt* 50 (8), S. 1039–1046.

Stausberg, Jürgen (2011a): Nutzung von Routinedaten im Gesundheitswesen. Anpassung internationaler Morbiditäts- und Komorbiditätsscores an deutsche Routinedaten. Projektbericht. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Stausberg, Jürgen (2011b): Qualitätsindikatoren für kirchliche Krankenhäuser (QKK). Projekt der Arbeitsgemeinschaften katholischer Krankenhäuser Rheinland-Pfalz und Saarland. Welches sind die richtigen Indikatoren für die katholischen Krankenhäuser? URL: www.qkk-online.de/media/Zwischenberichte/bericht_indikatorenset_2.pdf, Stand: 06.10.2013.

Stausberg, Jürgen (2012): Qualitätsindikatoren für kirchliche Krankenhäuser (QKK). Projekt der Arbeitsgemeinschaften katholischer Krankenhäuser Rheinland-Pfalz und Saarland. Welche projektspezifischen Indikatoren sind sinnvoll? URL: www.qkk-online.de/media/Aktuelles/empfehlung_20120110.pdf, Stand: 06.10.2013.

Streibelt, M.; Schmidt, C.; Brünger, M.; Spyra, K. (2012): Komorbidität im Patientenurteil – geht das? In: *Der Orthopäde* 41 (4), S. 303–310.

Stukenborg, George J.; Wagner, Douglas P.; Connors, Alfred F. (2001): Comparison of the Performance of Two Comorbidity Measures, With and Without Information From Prior Hospitalizations. In: *Medical Care* 39 (7), S. 727–739.

Sullivan, Lisa M.; Massaro, Joseph M.; D'Agostino, Ralph B.D. (2004): Presentation of multivariate data for clinical use: The Framingham Study risk score functions. In: *Statistics in Medicine* 23, S. 1631–1660.

Sundararajan, Vijaya; Henderson, Toni; Perry, Catherine; Muggivan, Amanda; Quan, Hude; Ghali, William A. (2004): New ICD-10 version of the Charlson comorbidity index predicted in-hospital mortality. In: *Journal of Clinical Epidemiology* 57 (12), S. 1288–1294.

Valderas, Jose M.; Mercer, Stewart W.; Fortin, Martin (2011): Research on patients with multiple health conditions: different constructs, different views, one voice. In: *Journal of Comorbidity* 1 (1), S. 1–3.

Valderas, Jose M.; Starfield, Barbara; Sibbald, Bonnie; Salisbury, Chris; Roland, Martin (2009): Defining Comorbidity: Implications for Understanding Health and Health Services. In: *The Annals of Family Medicine* 7 (4), S. 357–363.

Walraven, Carl van; Austin, Peter C.; Jennings, Alison; Quan, Hude; Forster, Alan J. (2009): A Modification of the Elixhauser Comorbidity Measures Into a Point System for Hospital Death Using Administrative Data. In: *Medical Care* 47 (6), S. 626–633.

Wilchesky, Machele; Tamblyn, Robyn M.; Huang, Allen (2004): Validation of diagnostic codes within medical services claims. In: *Journal of Clinical Epidemiology* 57 (2), S. 131–141.

Zou, Kelly H.; O'Malley, A. James; Mauri, Laura (2007): Receiver-Operating Characteristic Analysis for Evaluating Diagnostic Tests and Predictive Models. In: *Circulation* 115 (5), S. 654–657.

8. Anhang

Tabelle 8: Regressionskoeffizienten im Strukturmodell ICD-10-Kapitel

Berechnung der Punkt-Werte für den Score ICD-10-Kapitel

Konstante B (vgl. 3.3.1) hervorgehoben

Anmerkung: In der ICD-10 sind die Kapitel mit römischen Ziffern nummeriert.

| Kapitel | Regressions- koeffizient ¹⁾ β | Reg. – Koeff. β Konstante B | Punkt-Wert |
|---------|---|--------------------------------------|------------|
| Kap_02 | 1,049336658 | 4,783836463 | 5 |
| Kap_03 | 0,459510071 | 2,094867281 | 2 |
| Kap_05 | -0,442068895 | -2,015354448 | -2 |
| Kap_07 | -0,877651609 | -4,001138946 | -4 |
| Kap_08 | -0,67094637 | -3,058787362 | -3 |
| Kap_09 | 0,640448388 | 2,919749658 | 3 |
| Kap_10 | 1,057717041 | 4,822041915 | 5 |
| Kap_12 | 1,299740037 | 5,925404144 | 6 |
| Kap_13 | -0,981346104 | -4,473873315 | -4 |
| Kap_14 | 0,879224801 | 4,008310995 | 4 |
| Kap_17 | -1,247307158 | -5,686367111 | -6 |
| Kap_18 | 1,513604162 | 6,900392478 | 7 |
| Kap_19 | -0,219350445 → Konstante B | -1 | -1 |

1) In der Berechnung wurde mit der Genauigkeit von 16 Stellen gearbeitet.

Tabelle 9: Regressionskoeffizienten im Strukturmodell ICD-10-Gruppen

Berechnung der Punkt-Werte für den Score ICD-10-Gruppen

Konstante B (vgl. 3.3.1) hervorgehoben

Anmerkung: Die Gruppen sind durch die Kodier-Richtlinien definiert und werden dort nach erstem und letztem dreistelligen Code benannt. Beispiel: *J95-J99 Sonstige Krankheiten des Atmungssystems*. Hier wird jede Gruppe durch Nummerierung und Benennung nur nach dem ersten Code aufgeführt.

| Gruppe | Regressions- koeffizient ¹⁾ β | Reg. – Koeff. β Konstante B | Punkt-Wert |
|------------|---|--------------------------------------|------------|
| Grp_01_C00 | 1,382322174 | 3,865906032 | 4 |
| Grp_03_D10 | -1,729370052 | -4,836486199 | -5 |
| Grp_07_D60 | 0,360608328 | 1,008504338 | 1 |
| Grp_08_D65 | 0,406890185 | 1,137939656 | 1 |
| Grp_11_E00 | -0,624463437 | -1,746421357 | -2 |
| Grp_16_E50 | -2,330218598 | -6,516864378 | -7 |

| | | | |
|-------------|------------------------------|--------------|------|
| Grp_17_E65 | -0,694485048 | -1,942249056 | -2 |
| Grp_20_F10 | -0,948333075 | -2,652179516 | -3 |
| Grp_22_F30 | -1,01474928 | -2,837924065 | -3 |
| Grp_31_G10 | 1,629455981 | 4,557059 | 5 |
| Grp_40_G90 | 1,105892816 | 3,092822924 | 3 |
| Grp_50_H53 | -1,459865834 | -4,082770456 | -4 |
| Grp_58_I10 | -0,547487145 | -1,531143677 | -2 |
| Grp_60_I26 | 0,586777751 | 1,641026736 | 2 |
| Grp_61_I30 | 0,954756847 | 2,67014472 | 3 |
| Grp_62_I60 | 0,784098054 | 2,19286752 | 2 |
| Grp_63_I70 | 0,392941297 | 1,098929148 | 1 |
| Grp_64_I80 | -0,498530748 | -1,394228538 | -1 |
| Grp_67_J09 | 1,019041308 | 2,849927472 | 3 |
| Grp_69_J30 | -1,226031753 | -3,428812499 | -3 |
| Grp_71_J60 | 1,615969507 | 4,519341716 | 5 |
| Grp_72_J80 | 1,150641776 | 3,217971228 | 3 |
| Grp_74_J90 | 0,59419548 | 1,661771714 | 2 |
| Grp_75_J95 | 1,186743773 | 3,318936785 | 3 |
| Grp_78_K35 | -46,66377343 | -130,5034141 | -131 |
| Grp_79_K40 | -0,801183181 | -2,240649068 | -2 |
| Grp_81_K55 | 0,439516451 | 1,229184723 | 1 |
| Grp_82_K65 | 0,979266753 | 2,738690965 | 3 |
| Grp_83_K70 | 0,65651189 | 1,836050469 | 2 |
| Grp_93_L80 | 1,234806235 | 3,453351874 | 3 |
| Grp_94_M00 | -0,847906446 | -2,371318863 | -2 |
| Grp_96_M40 | -0,951716303 | -2,661641306 | -3 |
| Grp_102_N17 | 1,311218113 | 3,667051074 | 4 |
| Grp_104_N25 | -1,301579848 | -3,640095979 | -4 |
| Grp_105_N30 | -0,35952431 | -1,005472692 | -1 |
| Grp_125_Q35 | 2,17741583 | 6,089524677 | 6 |
| Grp_133_R10 | 0,740957219 | 2,07221662 | 2 |
| Grp_136_R30 | 0,357567453 → Konstante B | 1 | 1 |
| Grp_137_R40 | 0,855376719 | 2,392210787 | 2 |
| Grp_139_R50 | 1,184741694 | 3,31333762 | 3 |
| Grp_156_T15 | 1,972671303 | 5,516920752 | 6 |
| Grp_163_T80 | -0,492815662 | -1,378245301 | -1 |

1) In der Berechnung wurde mit der Genauigkeit von 16 Stellen gearbeitet.

Tabelle 10: Anzahl der gewerteten Charlson Conditions
Minimum und Maximum hervorgehoben

| Charlson-Condition | Anzahl | |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 1 AIDS/ HIV | 57 | 65 |
| 2 Any Malignancy | 13.850 | 40.199 |
| 3 Cerebrovascular Disease | 18.882 | 25.658 |
| 4 Chronic Pulmonary Disease | 25.351 | 30.715 |
| 5 Congestive Heart Failure | 35.547 | 40.579 |
| 6 Dementia | 19.130 | 19.479 |
| 7 Diabetes with chron. Comp. | 9.481 | 10.070 |
| 8 Diabetes without CC | 47.974 | 50.535 |
| 9 Hemi-/ Paraplegia | 12.172 | 12.306 |
| 10 Metastatic Solid Tumor | 13.483 | 15.251 |
| 11 Mild Liver Disease | 6.839 | 8.274 |
| 12 Moderate/ Severe Liver D. | 1.748 | 1.900 |
| 13 Myocardial Infarction | 10.737 | 15.687 |
| 14 Peptic Ulcer Disease | 2.220 | 3.965 |
| 15 Periph. Vascular Disease | 22.747 | 27.484 |
| 16 Renal Disease | 35.606 | 36.554 |
| 17 Rheumatic Disease | 3.044 | 3.447 |
| Gesamt-Zahl: | 278.868 | 342.168 |
| Anteil aller Diagnosen: | 11,43 % | 14,03 % |

Tabelle 11: Verteilung der Werte des Charlson Index

| Wert des Charlson Index | Anzahl | |
|----------------------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 1 | 64.380 | 65.951 |
| 2 | 37.588 | 47.686 |
| 3 | 22.063 | 27.163 |
| 4 | 13.291 | 15.996 |
| 5 | 6.666 | 8.303 |
| 6 | 8.106 | 4.570 |
| 7 | 3.985 | 1.844 |
| 8 | 3.420 | 8.120 |
| 9 | 1.471 | 4.155 |
| 10 | 641 | 1.734 |
| 11 | 276 | 659 |
| 12 | 123 | 324 |
| 13 | 34 | 107 |
| 14 | 18 | 37 |
| 15 | 6 | 12 |
| 16 | 4 | 4 |
| 17 | 2 | 1 |
| 18 | 0 | 2 |
| Gesamt-Zahl: | 162.074 | 186.668 |
| Anteil aller Fälle: | 37,3 % | 42,9 % |

Tabelle 12: Anzahl der gewerteten Elixhauser Comorbidities
Minimum und Maximum hervorgehoben

| Elixhauser Comorbidity | Anzahl | |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 03 Blood loss anemia | 1.442 | 1.747 |
| 04 Cardiac arrhythmias | 51.311 | 59.255 |
| 05 Chronic pulmonary disease | 25.351 | 30.715 |
| 06 Coagulopathy | 11.206 | 11.554 |
| 07 Congestive heart failure | 33.521 | 39.442 |
| 08 Deficiency anemia | 5.980 | 6.767 |
| 09 Depression | 17.138 | 17.724 |
| 12 Drug abuse | 1.849 | 2.344 |
| 13 Fluid + electrolyte disorders | 54.505 | 56.777 |
| 16 Liver disease | 8.004 | 8.808 |
| 17 Lymphoma | 917 | 2.701 |
| 18 Metastatic cancer | 13.483 | 15.251 |
| 19 Obesity | 19.552 | 19.869 |
| 20 Other neurological disorders | 17.791 | 21.675 |
| 21 Paralysis | 12.172 | 12.306 |
| 23 Periph. vascular disorders | 22.747 | 27.484 |
| 25 Pulmo. circulation disorders | 3.206 | 4.516 |
| 26 Renal failure | 35.457 | 36.450 |
| 28 Solid tumor without metast. | 12.378 | 36.227 |
| 29 Valvular disease | 12.128 | 12.892 |
| 30 Weight loss | 3.786 | 4.102 |
| Gesamt-Zahl: | 363.924 | 428.606 |
| Anteil aller Diagnosen: | 14,92 % | 17,57 % |

Tabelle 13: Verteilung der Werte des Elixhauser Comorbidity Score
Maximum hervorgehoben

| Wert des Elixhauser Score | Anzahl | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 0 | 244.757 | 220.467 |
| -16 | 1 | 1 |
| -14 | 14 | 15 |
| -12 | 1 | 1 |
| -11 | 26 | 29 |
| -10 | 100 | 140 |
| -9 | 17 | 23 |
| -8 | 20 | 14 |
| -7 | 1.286 | 1.543 |
| -6 | 119 | 115 |
| -5 | 237 | 252 |
| -4 | 9.644 | 9.005 |
| -3 | 6.192 | 5.600 |
| -2 | 3.669 | 3.947 |
| -1 | 3.109 | 2.856 |
| 1 | 2.419 | 2.686 |
| 2 | 8.319 | 9.302 |
| 3 | 11.669 | 12.489 |
| 4 | 6.828 | 14.714 |
| 5 | 36.706 | 36.722 |
| 6 | 8.029 | 10.515 |
| 7 | 12.131 | 12.156 |
| 8 | 6.089 | 6.362 |
| 9 | 4.501 | 6.295 |
| 10 | 9.327 | 9.442 |
| 11 | 7.117 | 8.221 |
| 12 | 12.874 | 10.165 |
| 13 | 4.283 | 4.841 |
| 14 | 4.276 | 3.984 |
| 15 | 4.027 | 4.383 |
| 16 | 4.539 | 9.777 |
| 17 | 5.201 | 5.195 |
| 18 | 2.984 | 4.068 |
| 19 | 2.428 | 3.003 |
| 20 | 1.923 | 2.259 |
| 21 | 1.851 | 3.130 |
| 22 | 1.740 | 2.204 |
| 23 | 1.524 | 2.065 |

| | | |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| 24 | 977 | 1.272 |
| 25 | 900 | 1.100 |
| 26 | 642 | 1.003 |
| 27 | 484 | 729 |
| 28 | 521 | 711 |
| 29 | 289 | 442 |
| 30 | 306 | 384 |
| 31 | 235 | 330 |
| 32 | 145 | 229 |
| 33 | 154 | 216 |
| 34 | 105 | 152 |
| 35 | 97 | 133 |
| 36 | 55 | 80 |
| 37 | 53 | 72 |
| 38 | 33 | 61 |
| 39 | 27 | 46 |
| 40 | 20 | 39 |
| 41 | 13 | 26 |
| 42 | 13 | 14 |
| 43 | 6 | 9 |
| 44 | 15 | 17 |
| 45 | 2 | 5 |
| 46 | 3 | 10 |
| 47 | 0 | 2 |
| 48 | 1 | 4 |
| 49 | 1 | 1 |
| 50 | 2 | 2 |
| 54 | 0 | 1 |
| Gesamt-Zahl (ohne Null): | 190.319 | 214.609 |
| Anteil aller Fälle: | 43,7 % | 49,33 % |

**Tabelle 14: Anzahl der gewerteten Updated Charlson Conditions
Minimum und Maximum hervorgehoben
Anzahl der entfallenen Conditions des Original Index**

| Charlson Condition | Anzahl | |
|--|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 1 AIDS/ HIV | 57 | 65 |
| 2 Any Malignancy | 13.850 | 40.199 |
| 4 Chronic Pulmonary Disease | 25.351 | 30.715 |
| 5 Congestive Heart Failure | 35.547 | 40.579 |
| 6 Dementia | 19.130 | 19.479 |
| 7 Diabetes with chron. Comp. | 9.481 | 10.070 |
| 9 Hemi-/ Paraplegia | 12.172 | 12.306 |
| 10 Metastatic Solid Tumor | 13.483 | 15.251 |
| 11 Mild Liver Disease | 6.839 | 8.274 |
| 12 Moderate/ Severe Liver D. | 1.748 | 1.900 |
| 16 Renal Disease | 35.606 | 36.554 |
| 17 Rheumatic Disease | 3.044 | 3.447 |
| Summe: | 176.308 | 218.839 |
| Anteil von der Datenbasis: | 7,23 % | 8,97 % |
| Entfallen aus dem Original Charlson Index | | |
| 3 Cerebrovascular Disease | 18.882 | 25.658 |
| 8 Diabetes without CC | 47.974 | 50.535 |
| 13 Myocardial Infarction | 10.737 | 15.687 |
| 14 Peptic Ulcer Disease | 2.220 | 3.965 |
| 15 Periph. Vascular Disease | 22.747 | 27.484 |
| Summe: | 102.560 | 123.329 |

Tabelle 15: Verteilung der Werte des Updated Charlson Index
Maximum hervorgehoben

| Wert des Updated Charlson Index | Anzahl | |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 1 | 30.908 | 31.118 |
| 2 | 46.850 | 59.123 |
| 3 | 16013 | 19.288 |
| 4 | 9.711 | 11.424 |
| 5 | 3.253 | 4.053 |
| 6 | 9.238 | 3.201 |
| 7 | 1.571 | 717 |
| 8 | 3.411 | 10.994 |
| 9 | 776 | 1.783 |
| 10 | 503 | 1.241 |
| 11 | 165 | 421 |
| 12 | 72 | 182 |
| 13 | 21 | 53 |
| 14 | 6 | 20 |
| 15 | 6 | 10 |
| 16 | 3 | 2 |
| 18 | 0 | 1 |
| 19 | 1 | 1 |
| Gesamt-Zahl: | 122.508 | 143.632 |
| Anteil aller Fälle: | 28,16 % | 33,01 % |

**Tabelle 16: Anzahl der gewerteten Comorbidities des Combined Comorbidity Score
Minimum und Maximum hervorgehoben**

| Combined Comorbidity Score | Anzahl | |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 01 Metastatic Cancer | 13.483 | 15.251 |
| 02 Congestive heart failure | 33.409 | 39.365 |
| 03 Dementia | 19.130 | 19.479 |
| 04 Renal failure | 35.474 | 36.460 |
| 05 Weight loss | 3.786 | 4.102 |
| 06 Hemiplegia | 12.172 | 12.306 |
| 07 Alcohol abuse | 7.713 | 11.770 |
| 08 Any tumor | 13.850 | 40.199 |
| 09 Cardiac arrhythmias | 51.311 | 59.255 |
| 10 Chronic pulmonary disease | 25.351 | 30.715 |
| 11 Coagulopathy | 11.206 | 11.554 |
| 12 Complicated diabetes | 10.522 | 12.113 |
| 13 Deficiency anaemias | 5.980 | 6.767 |
| 14 Fluid + electrolyte disorders | 54.505 | 56.777 |
| 15 Liver disease | 7.252 | 7.874 |
| 16 Periph. vascular disorders | 22.747 | 27.484 |
| 17 Psychosis | 1.990 | 2.099 |
| 18 Pulmon. circulation disorder | 3.206 | 4.516 |
| 19 HIV AIDS | 57 | 65 |
| 20 Hypertension | 158.370 | 164.712 |
| Gesamt-Zahl: | 491.514 | 562.863 |
| Anteil aller Diagnosen: | 20,15 % | 23,08 % |

Tabelle 17: Verteilung der Werte des Combined Comorbidity Score
Minimum und Maximum hervorgehoben

| Wert des Combined Comorbidity Score | Anzahl | |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 0 | 228.499 | 214.043 |
| -2 | 10 | 9 |
| -1 | 60.590 | 53.815 |
| 1 | 57.957 | 67.919 |
| 2 | 30.280 | 33.247 |
| 3 | 19.123 | 20.988 |
| 4 | 13.126 | 13.351 |
| 5 | 11.656 | 10.997 |
| 6 | 7.385 | 10.812 |
| 7 | 3.561 | 5.516 |
| 8 | 1.703 | 2.424 |
| 9 | 699 | 1.175 |
| 10 | 288 | 439 |
| 11 | 118 | 208 |
| 12 | 56 | 83 |
| 13 | 21 | 39 |
| 14 | 4 | 11 |
| Gesamt-Zahl (ohne Null): | 206.577 | 221.033 |
| Anteil aller Fälle: | 47,48 % | 50,80 % |

Tabelle 18: Verteilung der Anzahl der Nebendiagnosen
Maximum hervorgehoben

| ND-Anzahl | Fälle | ND-Anzahl | Fälle |
|-----------|--------|-----------|-------|
| 0 | 59.040 | 30 | 101 |
| 1 | 61.654 | 31 | 71 |
| 2 | 56.197 | 32 | 72 |
| 3 | 48.419 | 33 | 46 |
| 4 | 40.626 | 34 | 46 |
| 5 | 33.159 | 35 | 23 |
| 6 | 26.800 | 36 | 28 |
| 7 | 21.468 | 37 | 27 |
| 8 | 17.308 | 38 | 21 |
| 9 | 13.936 | 39 | 20 |
| 10 | 11.293 | 40 | 6 |
| 11 | 8.975 | 41 | 10 |
| 12 | 7.465 | 42 | 6 |
| 13 | 6.016 | 43 | 4 |
| 14 | 4.774 | 44 | 2 |
| 15 | 3.791 | 45 | 3 |
| 16 | 2.951 | 46 | 7 |
| 17 | 2.479 | 47 | 2 |
| 18 | 1.945 | 50 | 2 |
| 19 | 1.473 | 51 | 2 |
| 20 | 1.133 | 52 | 1 |
| 21 | 938 | 55 | 1 |
| 22 | 696 | 65 | 1 |
| 23 | 547 | | |
| 24 | 401 | | |
| 25 | 345 | | |
| 26 | 259 | | |
| 27 | 199 | | |
| 28 | 158 | | |
| 29 | 129 | | |

Tabelle 19: Benennungen der relevanten ICD-10-Kapitel

Anmerkung: In der ICD-10 sind die Kapitel mit römischen Ziffern nummeriert.

| ICD-Kapitel | Inhalt |
|-------------|--|
| Kap_02 | Neubildungen |
| Kap_03 | Krankheiten des Blutes und der blutbildenden Organe sowie bestimmte Störungen mit Beteiligung des Immunsystems |
| Kap_04 | Endokrine, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten |
| Kap_05 | Psychische und Verhaltensstörungen |
| Kap_06 | Krankheiten des Nervensystems |
| Kap_07 | Krankheiten der Augen und der Augenanhangsgebilde |
| Kap_08 | Krankheiten des Ohres und des Warzenfortsatzes |
| Kap_09 | Krankheiten des Kreislaufsystems |
| Kap_10 | Krankheiten des Atmungssystems |
| Kap_11 | Krankheiten des Verdauungssystems |
| Kap_12 | Krankheiten der Haut und der Unterhaut |
| Kap_13 | Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes |
| Kap_14 | Krankheiten des Urogenitalsystems |
| Kap_16 | Bestimmte Zustände, die ihren Ursprung in der Perinatalperiode haben |
| Kap_17 | Angeborene Fehlbildungen, Deformitäten und Chromosomenanomalien |
| Kap_18 | Symptome und abnorme klinische und Laborbefunde, die anderenorts nicht klassifiziert sind. |
| Kap_19 | Verletzungen, Vergiftungen und bestimmte andere Folgen äußerer Ursachen |

Tabelle 20: Anzahl der gewerteten Diagnosen nach ICD-10-Kapiteln

Minimum und Maximum hervorgehoben

Anmerkung: In der ICD-10 sind die Kapitel mit römischen Ziffern nummeriert.

| ICD-Kapitel | Anzahl | |
|-------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| Kap_02 | 33.840 | 58.140 |
| Kap_03 | 42.147 | 44.534 |
| Kap_04 | 167.823 | 174.470 |
| Kap_05 | 58.662 | 64.041 |
| Kap_06 | 53.747 | 62.905 |
| Kap_07 | 9.360 | 11.926 |
| Kap_08 | 6.727 | 9.500 |
| Kap_09 | 198.963 | 211.428 |
| Kap_10 | 60.943 | 76.526 |
| Kap_11 | 64.950 | 91.874 |
| Kap_12 | 18.238 | 22.123 |

| | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| Kap_13 | 48.798 | 70.583 |
| Kap_14 | 75.604 | 88.533 |
| Kap_16 | 2.663 | 4.569 |
| Kap_17 | 4.398 | 6.301 |
| Kap_18 | 111.356 | 128.726 |
| Kap_19 | 53.240 | 77.641 |
| Gesamt-Zahl: | 1.011.459 | 1.203.820 |
| Anteil aller Diagnosen: | 41,47 % | 49,36 % |

**Tabelle 21: Anzahl der gewerteten Diagnosen nach ICD-10-Gruppen
Minimum und Maximum hervorgehoben**

Anmerkung: Die Gruppen sind durch die Kodier-Richtlinien definiert und werden nach erstem und letztem dreistelligen Code benannt. Beispiel: *J95-J99 Sonstige Krankheiten des Atmungssystems*. Hier wird jede Gruppe durch Benennung nur nach dem ersten Code aufgeführt.

| ICD-Gruppe | Anzahl der Diagnosen bei Auswertung | |
|------------|-------------------------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| C00 | 24.137 | 42.623 |
| D10 | 6.108 | 11.125 |
| D60 | 26.579 | 27.400 |
| D65 | 11.316 | 11.725 |
| E00 | 32.105 | 35.255 |
| E50 | 2.878 | 2.927 |
| E65 | 19.606 | 20.070 |
| F10 | 13.273 | 17.105 |
| F30 | 16.170 | 16.655 |
| G10 | 271 | 369 |
| G90 | 2.950 | 3.428 |
| H53 | 2.796 | 2.887 |
| I10 | 158.543 | 164.888 |
| I26 | 4.189 | 5.510 |
| I30 | 70.569 | 79.932 |
| I60 | 18.452 | 23.570 |
| I70 | 15.388 | 20.673 |
| I80 | 9.961 | 14.802 |
| J09 | 7.782 | 14.773 |
| J30 | 7.441 | 11.621 |
| J60 | 1.468 | 2.544 |
| J80 | 865 | 1.258 |
| J90 | 9.666 | 10.150 |
| J95 | 20.347 | 21.361 |
| K35 | 525 | 3.350 |
| K40 | 7.436 | 13.400 |
| K55 | 25.338 | 34.859 |

| | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------|
| K65 | 5.113 | 5.724 |
| K70 | 7.722 | 8.997 |
| L80 | 11.118 | 11.906 |
| M00 | 18.665 | 30.132 |
| M40 | 15.885 | 24.767 |
| N17 | 37.393 | 39.206 |
| N25 | 2.472 | 2.619 |
| N30 | 26.130 | 30.850 |
| Q35 | 29 | 51 |
| R10 | 43.227 | 48.049 |
| R30 | 25.923 | 26.612 |
| R40 | 12.765 | 14.707 |
| R50 | 39.278 | 46.312 |
| T15 | 251 | 667 |
| T80 | 20.044 | 25.965 |
| Gesamt-Zahl: | 782.174 | 930.824 |
| Anteil von der Datenbasis: | 32,07 % | 38,16 % |

**Tabelle 22: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Kapitel
Maximum hervorgehoben**

| Wert des Score ICD-10-Kapitel | Anzahl | |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 0 | 116.108 | 59.695 |
| -14 | 1 | 1 |
| -13 | 9 | 12 |
| -12 | 10 | 10 |
| -11 | 19 | 34 |
| -10 | 149 | 238 |
| -9 | 74 | 97 |
| -8 | 133 | 184 |
| -7 | 367 | 563 |
| -6 | 2.233 | 3.216 |
| -5 | 1.840 | 3.415 |
| -4 | 13.129 | 21.024 |
| -3 | 4.084 | 5.992 |
| -2 | 8.456 | 9.206 |
| -1 | 21.885 | 32.865 |
| 1 | 8.968 | 9.318 |
| 2 | 13.244 | 15.183 |
| 3 | 54.831 | 43.675 |
| 4 | 13.576 | 18.748 |
| 5 | 24.459 | 33.521 |
| 6 | 10.678 | 14.319 |

| | | |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| 7 | 30.515 | 29.731 |
| 8 | 18.976 | 22.711 |
| 9 | 9.416 | 11.538 |
| 10 | 18.807 | 21.812 |
| 11 | 6.320 | 8.374 |
| 12 | 13.154 | 16.724 |
| 13 | 5.827 | 7.370 |
| 14 | 9.265 | 10.336 |
| 15 | 7.146 | 9.034 |
| 16 | 3.752 | 4.245 |
| 17 | 3.706 | 4.780 |
| 18 | 2.288 | 2.753 |
| 19 | 4.229 | 5.292 |
| 20 | 1.972 | 2.378 |
| 21 | 1.947 | 2.308 |
| 22 | 796 | 960 |
| 23 | 597 | 780 |
| 24 | 599 | 811 |
| 25 | 610 | 732 |
| 26 | 417 | 516 |
| 27 | 278 | 305 |
| 28 | 62 | 75 |
| 29 | 39 | 47 |
| 30 | 53 | 77 |
| 31 | 15 | 24 |
| 32 | 37 | 47 |
| Gesamt-Zahl (ohne Null): | 318.968 | 375.381 |
| Anteil aller Fälle: | 73,31 % | 86,28 % |

**Tabelle 23: Verteilung der Werte des Score ICD-10-Gruppen
Maximum hervorgehoben**

| Wert des Score ICD-10-Gruppen | Anzahl | |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|
| | ohne Hauptdiagnose | mit Hauptdiagnose |
| 0 | 156.137 | 111.346 |
| -142 | 0 | 2 |
| -140 | 0 | 3 |
| -139 | 1 | 3 |
| -138 | 3 | 6 |
| -137 | 1 | 7 |
| -136 | 5 | 34 |
| -135 | 10 | 36 |
| -134 | 12 | 60 |
| -133 | 40 | 252 |

| | | |
|------|--------|--------|
| -132 | 25 | 165 |
| -131 | 217 | 1.872 |
| -130 | 32 | 203 |
| -129 | 52 | 230 |
| -128 | 45 | 254 |
| -127 | 12 | 56 |
| -126 | 20 | 53 |
| -125 | 11 | 35 |
| -124 | 7 | 16 |
| -123 | 8 | 17 |
| -122 | 4 | 10 |
| -121 | 7 | 8 |
| -120 | 2 | 6 |
| -119 | 5 | 6 |
| -118 | 1 | 2 |
| -117 | 1 | 2 |
| -116 | 0 | 1 |
| -115 | 1 | 5 |
| -114 | 0 | 1 |
| -113 | 1 | 3 |
| -111 | 1 | 1 |
| -107 | 1 | 1 |
| -20 | 0 | 1 |
| -19 | 1 | 1 |
| -18 | 4 | 3 |
| -17 | 11 | 9 |
| -16 | 7 | 8 |
| -15 | 18 | 23 |
| -14 | 47 | 62 |
| -13 | 54 | 68 |
| -12 | 151 | 173 |
| -11 | 228 | 294 |
| -10 | 516 | 608 |
| -9 | 826 | 1.112 |
| -8 | 1.274 | 1.724 |
| -7 | 3.280 | 4.474 |
| -6 | 3.849 | 5.127 |
| -5 | 9.654 | 13.257 |
| -4 | 14.419 | 16.224 |
| -3 | 22.345 | 32.705 |
| -2 | 54.405 | 46.728 |
| -1 | 21.130 | 25.650 |
| 1 | 28.953 | 32.334 |

| | | |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| 2 | 23.188 | 26.112 |
| 3 | 24.509 | 27.142 |
| 4 | 16.545 | 22.508 |
| 5 | 12.308 | 14.323 |
| 6 | 9.084 | 11.279 |
| 7 | 7.764 | 9.003 |
| 8 | 5.638 | 6.852 |
| 9 | 4.508 | 5.474 |
| 10 | 3.426 | 4.084 |
| 11 | 2.627 | 3.188 |
| 12 | 1.988 | 2.503 |
| 13 | 1.565 | 1.926 |
| 14 | 1.152 | 1.451 |
| 15 | 795 | 1.089 |
| 16 | 621 | 791 |
| 17 | 434 | 629 |
| 18 | 350 | 437 |
| 19 | 222 | 311 |
| 20 | 156 | 213 |
| 21 | 121 | 172 |
| 22 | 82 | 92 |
| 23 | 61 | 74 |
| 24 | 35 | 59 |
| 25 | 31 | 38 |
| 26 | 19 | 23 |
| 27 | 7 | 13 |
| 28 | 1 | 3 |
| 29 | 3 | 4 |
| 30 | 2 | 2 |
| Gesamt-Zahl (ohne Null): | 278.939 | 323.730 |
| Anteil aller Fälle: | 64,11 % | 74,41 % |

Tabelle 24: AUC-Werte in der Literatur (erweiterte Übersicht)

| Literatur-Quelle | abhängige Variable | Index/ Score | AUC | Ko-Variablen |
|--|---|-------------------|-------------|----------------------------------|
| D'Hoore et al. 1996 | Khs-Mortalität Khs = Krankenhaus | Charlson-D'Hoore | 0,83-0,89 | Alter, Geschlecht, Hauptdiagnose |
| [D'Hoore et al. 1996] Einschränkungen: Alter > 1 Jahr. Nur Indexerkrankung (ischemic heart disease). Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 1989-1990, MED-ECHO data base, Quebec Kanada, ICD-9, n=69.952. Entwicklung: Gesamtkohorte und 5 Unterkohorten (n=33.940). Validierungskohorte (n=36.012). | | | | |
| Cleves et al. 1997 | 30-Tage-Mortalität | Alter, Geschlecht | 0,59-0,74 | -- |
| | | Charlson-Romano | 0,61-0,74 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Deyo | 0,60-0,75 | Alter, Geschlecht |
| | 90-Tage-Mortalität | Alter, Geschlecht | 0,62-0,69 | -- |
| | | Charlson-Romano | 0,65-0,75 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Deyo | 0,64-0,74 | Alter, Geschlecht |
| | 180-Tage-Mortalität | Alter, Geschlecht | 0,62-0,66 | -- |
| | | Charlson-Romano | 0,66-0,77 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Deyo | 0,65-0,74 | Alter, Geschlecht |
| [Cleves et al. 1997] Einschränkungen: Alter >65 Jahre (Medicare-Population). Mortalität: Hier wird Zeit nach Krankenhausentlassung betrachtet. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 1993-1994 , Medicare-Data, Arkansas USA, ICD-9, n=?. 6 Kohorten mit Indexerkrankungen (back pain, stroke, pneumonia, hip replacement, transurethral radical prostatectomy, lysis of peritoneal adhesion). | | | | |
| Schneeweiss et al. 2000 | 1-Jahres-Mortalität | Alter, Geschlecht | 0,664-0,681 | -- |
| | | Charlson- Romano | 0,754-0,771 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson- Deyo | 0,753-0,768 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-D'Hoore | 0,745-0,760 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Ghali | 0,733-0,745 | Alter, Geschlecht |
| [Schneeweiss et al. 2000] Einschränkungen: Alter >65 Jahre. 2 Kohorten mit kardiovaskulären (CV) Erkrankungen. Datenbasis: Krankenversicherungsdaten 1994-1995, Medicare-Data, USA und Kanada, ICD-9, n=716.202. 4 Kohorten: British Columbia (CV) n=141.161, New Jersey (CV) n=108.247, New Jersey n=235.881, Pennsylvania n=230.913. | | | | |
| Stukenborg et al. 2001 | Khs-Mortalität | Charlson | 0,608-0,715 | Alter, Rasse, ... (s.u.) |
| | | Elixhauser | 0,657-0,774 | Alter, Rasse, ... (s.u.) |
| [Stukenborg et al. 2001] Einschränkungen: Nur Indexerkrankungen. Ko-Variablen: Alter, Rasse, Geschlecht, Aufnahmeart, Operation ja-nein. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 1994-1997, Californien USA, ICD-9, n=211.57. 5 Kohorten mit Index-Erkrankungen: acute myocardial infarction (n=45.646), congestive heart failure (56.735), chronic obstructive pulmonary disease (34.175), hypertension with complications (22.710), acute cerebrovascular disease (52.281). | | | | |
| Schneeweiss et al. 2003 | 1-Jahres-Mortalität | Charlson | 0,757-0,771 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Schneew. | 0,765-0,780 | Alter, Geschlecht |
| | | Elixhauser | 0,781 | Alter, Geschlecht |
| [Schneeweiss et al. 2003] Einschränkungen: Alter >65 Jahre. Charlson-Schneew.: Neu berechnete und validierte Gewichtungen der Charlson Conditions. Datenbasis: Krankenversicherungsdaten 1994-1995, Medicare-Data, USA, ICD-9, n=466.794. Entwicklungskohorte New Jersey n=235.881. Validierungskohorte Pennsylvania n=230.913. | | | | |

| | | | | |
|---|---------------------|---------------------|-------------|-----------------|
| Southern et al. 2004 | Khs-Mortalität | Charlson | 0,704 | -- |
| | | Elixhauser | 0,793 | -- |
| [Southern et al. 2004] Einschränkungen: Nur Index-Erkrankung, s.u. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 1995-2001, Kanada, ICD-9, n=4.833 Kohorte mit Index-Erkrankung (myocardial infarction) | | | | |
| Sundararajan et al. 2004 | Khs-Mortalität | Charlson-ICD-9 | 0,80 | ohne Hauptdiag. |
| | | | 0,86-0,87 | mit Hauptdiag. |
| | | Charlson-ICD-10 | 0,79-0,80 | ohne Hauptdiag. |
| | | | 0,85-0,86 | mit Hauptdiag. |
| [Sundararajan et al. 2004] Einschränkungen: Alter > 18 Jahre. Keine Ein-Tages-Aufenthalte. Charlson-ICD-10 ist die neu erstellte Übertragung. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 1996-2002, Victoria Australia, ICD-9 und ICD-10, n=2.461.830. 6 Kohorten nach Abrechnungsjahren getrennt. | | | | |
| Quan et al. 2005 | Khs-Mortalität | Charlson | 0,842-0,860 | -- |
| | | Elixhauser | 0,868-0,870 | -- |
| [Quan et al. 2005] Einschränkungen: Alter > 18 Jahre. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten, Calgary Health Region Discharge Database, 2001-2002, ICD-9 und ICD-10, n=115.390. 2 Kohorten: ICD-9 2001 n=56.585, ICD-10 2002 n=58.805. | | | | |
| Li et al. 2008 | Khs-Mortalität | Charlson | 0,62-0,83 | -- |
| | | Elixhauser | 0,62-0,83 | -- |
| | 1-Jahres-Mortalität | Charlson | 0,63-0,77 | -- |
| | | Elixhauser | 0,64-0,79 | -- |
| [Li et al. 2008] Einschränkungen: Alter > 20 Jahre. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 1997-2004, British Columbia, Kanada, ICD-9 und ICD-10 (jeweils 4 Jahre), n=?. 5 Kohorten mit Index-Erkrankungen (congestive heart failure, diabetes, chronic renal failure, stroke, coronary artery bypass grafting) | | | | |
| van Walraven et al. 2009 | Khs-Mortalität | Charlson-Schneew. | 0,745 | -- |
| | | Elixhauser | 0,760 | -- |
| | | van Walraven-Elix. | 0,759 | -- |
| [Walraven et al. 2009] Einschränkungen: Keine pädiatrischen und geburtshilflichen Daten, Altersgrenze Pädiatrie nicht genannt. Charlson-Schneew.: Anwendung der 2003 von Schneeweiss et al. neu berechneten Gewichte im Charlson-Index. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 1996-2008, Kanada, ICD-9 und ICD-10, n=345.795. | | | | |
| Chu et al. 2010 | Khs-Mortalität | baseline model (BM) | 0,670-0,736 | -- |
| | | BM + Charlson | 0,708-0,723 | baseline model |
| | | BM + Elixhauser | 0,737-0,738 | baseline model |
| | 1-Jahres-Mortalität | baseline model (BM) | 0,67-0,736 | -- |
| | | BM + Charlson | 0,681-0,759 | baseline model |
| | | BM + Elixhauser | 0,701-0,767 | baseline model |
| [Chu et al. 2010] Einschränkungen: Alter > 18 Jahre. Baseline Model: Alter, Geschlecht, Rasse, Operation (ja,nein). Datenbasis: National Health Insurance-Daten 2001-2002, Taiwan, ICD-9, n=41.716. 2 Kohorten mit Index-Erkrankungen (acute myocardial infarction n=8.961, chronic obstructive pulmonary disease n=32.755. | | | | |

| | | | | |
|--|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Gagne et al. 2011 | 30-Tage-Mortalität | Charlson | 0,839 | Alter, Geschlecht |
| | | van Walraven-Elix. | 0,836 | Alter, Geschlecht |
| | | Combined Score | 0,860 | Alter, Geschlecht |
| | 90-Tage-Mortalität | Charlson | 0,808 | Alter, Geschlecht |
| | | van Walraven-Elix. | 0,808 | Alter, Geschlecht |
| | | Combined Score | 0,824 | Alter, Geschlecht |
| | 180-Tage-Mortalität | Charlson | 0,794 | Alter, Geschlecht |
| | | van Walraven-Elix. | 0,790 | Alter, Geschlecht |
| | | Combined Score | 0,806 | Alter, Geschlecht |
| | 1-Jahres-Mortalität | Charlson | 0,778 | Alter, Geschlecht |
| van Walraven-Elix. | | 0,772 | Alter, Geschlecht | |
| Combined Score | | 0,788 | Alter, Geschlecht | |
| [Gagne et al. 2011] Einschränkungen: Alter > 65 Jahre. Combined Score: Neu erstellter Score durch Kombination aus Charlson- und Elixhauser-Verfahren. Datenbasis: Krankenversicherungsdaten 2004, Medicare-Data, USA, ICD-9, n=255.534. Entwicklungskohorte Pennsylvania n=120.679, Validierungskohorte New Jersey n=123.855. | | | | |
| Quail et al. 2011 | 1-Jahres-Mortalität | base model (BM) | 0,758-0,880 | -- |
| | | BM + Charlson | 0,811-0,905 | base model |
| | | BM + Elixhauser | 0,827-0,913 | base model |
| | | BM + Diag-Zählung | 0,792-0,901 | base model |
| [Quail et al. 2011] Einschränkungen: Alter > 20 Jahre. Base Model: Alter, Quadrat des Alters, Geschlecht, Wohngegend, Einkommensquintil. Datenbasis: Administrative Gesundheitsdaten 1996-2001 der Provinz Saskatchewan, Kanada, ICD-9 und ICD-10, n=662.423. Gesamtkohorte und 2 Kohorten mit Index-Erkrankungen (diabetes, osteoporosis). | | | | |
| Quan et al. 2011 | Khs-Mortalität | Charlson | 0,879 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Update | 0,881 | Alter, Geschlecht |
| | 30-Tage-Mortalität | Charlson | 0,881 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Update | 0,883 | Alter, Geschlecht |
| | 1-Jahres-Mortalität | Charlson | 0,894 | Alter, Geschlecht |
| | | Charlson-Update | 0,896 | Alter, Geschlecht |
| [Quan et al. 2011] Einschränkungen: Alter > 18 Jahre. Charlson-Update: Neu berechnete und validierte Gewichtungen der Charlson Conditions. Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 2004 u. 2008, Kanada, Australien, Frankreich, Japan, Neuseeland, Schweiz, ICD-10, n=6.903.528. Entwicklungskohorte Kanada n=55.929, Validierungskohorten aus allen 6 Ländern n=6.847.599. | | | | |
| Christensen et al. 2011 | Khs-Mortalität | Charlson | 0,52 | -- |
| | | | 0,64 | Alter, Geschlecht |
| | | | 0,72 | 6 Kovariable |
| | 30-Tage-Mortalität | Charlson | 0,52 | -- |
| | | | 0,65 | Alter, Geschlecht |
| | | | 0,73 | 6 Kovariable |
| | 1-Jahres-Mortalität | Charlson | 0,58 | -- |
| | | | 0,65 | Alter, Geschlecht |
| | | | 0,71 | 6 Kovariable |
| [Christensen et al. 2011] Einschränkungen: Alter > 15 Jahre. Datenbasis: Intensivpatienten-Daten und staatliche Meldedaten 2007, Uni-Klinik Aarhus Dänemark, ICD-10, n=469. | | | | |

| | | | | |
|---|----------------|--------------------|-------------|----|
| Stausberg et al. 2011 | Khs-Mortalität | Diag-Zählung | 0,796 | -- |
| | | Charlson-Varianten | 0,752-0,787 | -- |
| | | Elix.-Varianten | 0,724-0,800 | -- |
| | | PCCL | 0,870 | -- |
| | | Stausb.-Kapitel | 0,863 | -- |
| | | Stausb.-Gruppen | 0,916 | -- |
| [Stausberg 2011a] | | | | |
| Einschränkungen: Keine Neugeborenen. | | | | |
| Stausb.-Kapitel, -Gruppen: Neu entwickeltes und validiertes Verfahren zur Bewertung nach der ICD-Struktur. | | | | |
| PCCL: Patient Clinical Complexity Level, berechnet vom DRG-Grouper. | | | | |
| Datenbasis: Administrative Krankenhausdaten 2008, Deutschland, ICD-10, n=51.898. | | | | |

Danksagung

Für ihre Unterstützung bei meiner Doktorarbeit schulde ich vielen Menschen ganz besonderen Dank.

Zuerst möchte ich mich bei meinem Betreuer Prof. Dr. Jürgen Stausberg für die Ermöglichung der Arbeit und die Überlassung des Themas bedanken. Die zuverlässige Begleitung mit wertvollen Anregungen und auch die angenehme Atmosphäre haben wesentlich zum Abschluss dieser Arbeit beigetragen.

Meinen Eltern danke ich dafür, dass sie mir die Hochschulausbildung ermöglicht haben und durch ihre Unterstützung den Weg zu dieser Arbeit erst eröffneten. Für die präzise Korrekturlesung gebührt meiner Mutter besonderer Dank.

Auch danken möchte ich meiner Frau und meinen Kindern, die mich in der Promotionszeit in vielerlei Hinsicht unterstützten, vor allem dadurch, dass sie mir stets den Rücken frei hielten. Mein ganz spezieller Dank hierbei gilt meiner Frau, ohne deren uneingeschränkte Unterstützung und Toleranz, vor allem in arbeitsintensiven Phasen, diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Eidesstattliche Versicherung

Hagn, Stefan

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Vergleich verschiedener Komorbiditäts-Scores
in Routinedaten der stationären Versorgung“

selbständig verfasst habe, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Landshut, den _____